COMPTES RENDUS

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 14 JUIN 1880.

PRÉSIDENCE DE M. EDM. BECQUEREL.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la papaïne. Contribution à l'histoire des ferments solubles;* par M. **Ad. Wurtz.**

« Je dois à l'obligeance de M. le Dr Bouchut d'avoir pu instituer quelques expériences chimiques sur le ferment soluble du suc du *Carica papaya,* ferment dont nous avons indiqué les principaux caractères dans une Note publiée en commun (*Comptes rendus,* t. LXXXIX, p. 425).

» La facilité relative avec laquelle on peut se procurer ce ferment m'a engagé à entreprendre quelques recherches sur sa composition et sur son mode d'action. Je présente aujourd'hui à l'Académie la première partie de ces recherches.

» Nous avons fait connaître, M. le Dr Bouchut et moi, que le suc laiteux de *Carica papaya* subit, après son écoulement par incisions pratiquées soit dans le tronc, soit dans les fruits verts, une sorte de coagulation, se séparant en un liquide aqueux et en une pulpe blanche dont le volume peut égaler et même dépasser celui du suc aqueux. Le liquide, précipité par l'alcool, fournit le ferment que nous avons nommé *papaïne;* la pulpe peut en donner elle-même, car par une longue digestion avec l'eau elle se dissout, probablement en s'hydratant, et la solution concentrée et pré-

cipitée par l'alcool fournit un ferment digestif. Cela a été prouvé par des expériences répétées. Ainsi, 125^{gr} de suc de papaya obtenu par incision du fruit vert ont été filtrés, et le résidu a été exprimé ; la solution précipitée par l'alcool a fourni $0^{gr},89$ d'une papaïne très riche en cendres et renfermant, déduction faite de ces cendres :

C............	45,62
H...........	6,72

» La pulpe exprimée a été broyée dans un mortier avec 125^{gr} d'eau et jetée sur un filtre au bout de vingt-quatre heures; ce qui est resté sur le filtre a été broyé de nouveau avec 90^{gr} d'eau. La première et la deuxième eau de lavage, concentrées dans le vide avec addition de quelques gouttes d'acide prussique, ont fourni $2^{gr},3$ de papaïne. Après ces deux lavages, la pulpe, déjà très réduite, a été soumise à deux nouveaux lavages avec de l'eau (142^{cc}, puis 150^{cc}), et les eaux, réunies et concentrées dans le vide, ont encore fourni $1^{gr},1$ de papaïne, c'est-à-dire une proportion plus forte que le suc aqueux primitif. Cette papaïne, qui digérait énergiquement la fibrine, renfermait, déduction faite des cendres :

C............	49,77
H...........	7,21

Elle présentait donc une composition différente de celle du ferment primitivement dissous dans le suc.

» Après ces quatre lavages, le résidu blanc pulpeux, peu abondant, a été de nouveau digéré avec 50^{cc} d'eau, et l'eau de lavage a été mise en digestion avec 10^{gr} de fibrine humide. Au bout de deux jours il ne restait que 8^{gr} de fibrine, et la liqueur, filtrée, précipitait légèrement par l'acide nitrique : la cinquième eau de lavage renfermait donc encore une petite quantité de ferment. Après ces cinq lavages il n'est resté que 5^{gr} de pulpe humide, représentant $0^{gr},564$ de matière sèche. $2^{gr},5$ de cette pulpe, mis en digestion avec 10^{gr} de fibrine humide à 50°, n'ont laissé, au bout de deux jours, que 6^{gr} de fibrine humide, et la liqueur filtrée précipitait abondamment par l'acide nitrique.

» Dans une autre opération, on a délayé dans l'eau 100^{gr} de suc obtenu par l'incision du fruit et formant une pulpe épaisse que l'on a lavée à trois reprises avec de l'eau. On a réuni les eaux de lavage à la liqueur première, on a concentré le tout dans le vide et l'on a précipité par l'alcool. La papaïne (I), très blanche, ainsi obtenue a été analysée. D'un autre côté, la pulpe

qui était restée sur le filtre a été délayée dans une grande quantité d'eau. Après filtration, la liqueur, concentrée dans le vide, a fourni une nouvelle quantité de papaïne (II) qui renfermait, comme dans le cas précédent, une plus forte proportion de carbone ([1]).

			Déduction faite des cendres.	
	I.	II.	I.	II.
Carbone............	42,21	44,18	46,90	48,55
Hydrogène..........	6,28	6,28	6,99	6,90
Cendres.............	10,00	9,00	»	»

» Il est donc démontré que la pulpe, débarrassée par les lavages du ferment soluble qui pouvait y adhérer, fournit encore, par l'action de l'eau pure, un ferment capable de digérer la fibrine.

» Rappelons ici que le ferment gastrique paraît être contenu sous forme insoluble dans les glandes pepsinifères, car celles-ci ne le cèdent pas à l'eau pure.

» Les analyses que je viens de citer montrent que le ferment soluble du *Carica papaya,* tel qu'on peut l'obtenir en précipitant par l'alcool la solution aqueuse qui le renferme, ne présente pas une composition constante.

» Les nombreuses analyses de papaïne brute que nous avons faites ont donné, en effet, des résultats assez divergents en ce qui concerne la proportion de carbone et d'azote, le carbone ayant varié entre 46 et 53 pour 100 et l'azote entre 14 et 18 pour 100, déduction faite des cendres. La proportion de ces dernières varie de même; généralement elle est forte et s'élève de 4 à 10 pour 100, et même davantage : une fois elle a atteint 20 pour 100. On s'est assuré que ces cendres étaient formées en majeure partie de phosphate de chaux. Elles cèdent à l'eau des sels solubles. On y a signalé de l'acide sulfurique et une petite quantité de potasse.

» Il résulte de ce qui précède que l'alcool précipite du suc de papaya frais ou digéré avec de l'eau un principe de composition variable, ce qui ne paraît point surprenant, le ferment pouvant être mêlé avec d'autres principes amorphes, notamment avec des matières albuminoïdes modifiées par son action, c'est-à-dire des peptones. Ces dernières étant plus dialysables que le ferment lui-même, on pouvait espérer que celui-ci se con-

---

([1]) Les analyses de pulpe épuisée par l'eau, l'alcool et l'éther ont donné des résultats variables. Ce résidu renferme encore de l'azote.

centrerait sur le dialyseur. L'expérience a prouvé, en effet, que le résidu de la dialyse fournit un ferment plus riche en carbone et ne renfermant plus que de 1 à 3 ou 4 pour 100 de cendres. Voici quelques analyses du ferment ainsi purifié; on fait remarquer que le précipité blanc obtenu par l'alcool a été épuisé par l'éther, puis séché dans le vide à 75° :

Papaïne purifiée par dialyse, déduction faite des cendres.

Carbone	50,77	51,80	50,70	52,77
Hydrogène	7,23	6,71	7,00	7,47
Azote	»	»	»	15,17

» Ces analyses montrent que le produit purifié par dialyse se rapproche par sa composition des matières albuminoïdes elles-mêmes, et cette analogie est fortifiée par ce fait que la papaïne renferme une assez forte proportion de soufre. Dans deux échantillons, on a trouvé pour 100 [1] :

	I.	II.
Soufre	2,61	2,2

» Les analyses précédentes offrent trop de divergences pour qu'on puisse en conclure que le produit est défini et homogène. On a donc été conduit à tenter un autre mode de purification. L'albumine et les peptones étant précipitées par le sous-acétate de plomb, on pouvait espérer les séparer à l'aide de ce réactif, qui précipite incomplètement les solutions de papaïne brute. On a donc ajouté à une telle solution, avec précaution, du sous-acétate de plomb, jusqu'à ce qu'une portion filtrée ne donnât plus de précipité; on a séparé ce dernier, et l'on a dirigé un courant de gaz hydrogène sulfuré dans la liqueur filtrée. Celle-ci s'est colorée en noir, mais le sulfure de plomb ne s'est point précipité en flocons. Pour le séparer, on a concentré la liqueur dans le vide, et l'on y a ajouté de l'alcool goutte à goutte, de façon à entraîner le sulfure de plomb par les premières portions de papaïne précipitées. Le dépôt ayant été séparé par le filtre, la liqueur claire a fourni par l'alcool un précipité blanc de papaïne. Deux opérations faites sur de la papaïne brute de provenance différente ont fourni des échantillons de papaïne purifiée qui, après épuisement par l'éther et dessiccation à 75° dans le vide, renfermaient :

---

[1] On a opéré sur des produits qui avaient été soumis à une longue dialyse et qui ne devaient plus retenir de sulfates. Néanmoins les chiffres obtenus demandent à être contrôlés.

Papaïne purifiée par le sous-acétate de plomb (déduction faite des cendres) (¹).

	I.	II.	III.
Carbone..............	52,36	52,19	52, 9
Hydrogène	7,37	7,12	»
Azote..................	16,94	16,40	16,44
Cendres................	2,60	4,22	3,40

» Un troisième échantillon renfermait 1 pour 100 de carbone de moins. Soumis à la dialyse pendant vingt-quatre heures, il a fourni les nombres inscrits sous le n° III.

» Ajoutons que $0^{gr},1$ de l'échantillon III a digéré énergiquement 5^{gr} de fibrine humide, même après avoir été chauffé à 105°.

» Les analyses précédentes démontrent que le ferment digestif du *Carica papaya*, que nous avons nommé *papaïne*, M. Bouchut et moi, possède la composition d'une matière albuminoïde. Aux caractères que nous avons attribués à cette substance j'ajouterai les suivants, qui se rapportent à la papaïne purifiée par le sous-acétate de plomb.

» Elle est très soluble dans l'eau et peut se dissoudre dans moins de son propre poids de ce liquide, à la manière de la gomme. La solution, même étendue, forme par l'agitation une mousse abondante. La papaïne brute, redissoute dans l'eau, laisse quelquefois un résidu blanc insoluble.

» La solution de papaïne se trouble par l'ébullition sans se coaguler à la manière de l'albumine. Abandonnée à elle-même pendant quelques jours, elle se trouble pareillement, et si on l'examine alors au microscope on la trouve remplie de vibrions et de bâtonnets.

» Elle précipite abondamment par l'acide chlorhydrique, et le précipité se dissout facilement dans un excès d'acide.

» L'acide nitrique, ajouté en petite quantité, précipite des flocons épais, jaunâtres, qui se dissolvent dans un excès d'acide.

» Les acides phosphorique ordinaire et acétique ne la précipitent pas; l'acide métaphosphorique donne un précipité abondant.

» Le prussiate de potasse additionné d'acide acétique donne un précipité.

» Le sublimé corrosif ne précipite pas immédiatement la solution de papaïne pure ou ne donne qu'un léger trouble. A la longue, le trouble

(¹) On n'a pas dosé le soufre, l'hydrogène sulfuré étant intervenu dans la préparation.

devient plus apparent; à l'ébullition, il se forme un précipité floconneux abondant.

» Le sous-acétate plombique ne la précipite pas ou ne donne qu'un léger trouble, soluble dans un excès de réactif. La liqueur, additionnée d'un excès de potasse et chauffée, se colore en noir, par suite de la formation du sulfure de plomb.

» Le sulfate de cuivre donne un précipité violacé qui devient bleu à l'ébullition et qui se dissout dans la potasse avec une belle couleur bleue.

» Le chlorure de platine donne un précipité abondant. Il en est de même de l'acide tannique.

» L'acide picrique donne un abondant précipité insoluble dans un excès de réactif.

» Le réactif de Millon donne un abondant précipité blanc jaunâtre, qui devient rouge brique lorsqu'on chauffe légèrement.

» Ces caractères, on le voit, sont ceux des matières albuminoïdes avec quelques variantes, notamment en ce qui concerne le sublimé corrosif et le sous-acétate de plomb.

» Par son action sur les matières albuminoïdes, la papaïne se rapproche du ferment pancréatique nommé *trypsine* par M. Kühne, qui en a fait une étude attentive. A la différence de la pepsine, la trypsine paraît se rapprocher des matières albuminoïdes; son action sur ces dernières semble être plus énergique que celle de la papaïne. Celle-ci dissout rapidement de grandes quantités de fibrine, même en liqueur neutre; mais, pour que la liqueur ne précipite plus par l'acide nitrique, il faut faire intervenir une quantité relativement assez forte de papaïne, par exemple $0^{gr},3$ pour 10^{gr} de fibrine humide, et prolonger la digestion à 50° pendant deux fois vingt-quatre heures. Dans ce cas, il ne reste qu'un résidu insignifiant de dyspeptone très riche en matières minérales, et la solution filtrée ne forme avec l'acide nitrique qu'un trouble insignifiant, qui peut être dû à la présence de l'excès de ferment. Au reste, dans toutes ces digestions, indépendamment des corps précipitables par l'acide nitrique et par l'alcool, il se forme une certaine quantité de peptones plus hydratées, qui sont solubles dans l'alcool ordinaire, surtout à chaud.

» La rapidité avec laquelle les solutions de papaïne se remplissent de microbes m'a engagé à rechercher si ces derniers n'interviennent pas dans la liquéfaction rapide de la fibrine par ce ferment. Il n'en est rien. La dissolution de la fibrine par la papaïne a lieu en présence de l'acide prus-

sique, de l'acide borique, de l'acide phénique même, c'est-à-dire dans des conditions qui excluent la formation des microbes.

» En terminant, j'ajoute que j'ai retiré du suc de *Carica papaya* une matière grasse saponifiable et un principe azoté cristallisable en mamelons blancs, qui reste en dissolution dans la liqueur d'où la papaïne brute a été précipitée. J'y reviendrai prochainement. »

GÉOLOGIE. — *Histoire géologique du canal de la Manche;* par M. **Hébert**. (IIe Partie.)

« L'Académie voudra bien remarquer que, dans ce que j'ai eu l'honneur d'exposer précédemment, je me suis servi, pour apprécier le relief de la région que j'étudie, d'un procédé des plus sûrs : l'observation des nivellements successifs qui ont été opérés dans ces contrées par la mer elle-même. Nous savons en effet que, lorsque nous rencontrons une alternance de minces couches marines avec des couches saumâtres ou d'eau douce, en stratification régulière et concordante, la surface sur laquelle se formaient ces dépôts était sensiblement au niveau de la mer.

» Cette alternance, que nous avons déjà signalée pendant l'éocène inférieur et à l'époque du calcaire grossier supérieur, se retrouve à la fin des sables de Beauchamp, lesquels terminent l'éocène moyen. Ces sables, essentiellement marins dans la presque totalité de leur épaisseur, ont été déposés dans un golfe dont la forme était à peu près la même que celle du golfe du calcaire grossier inférieur (*fig*. 2, ligne ------, *ante*, p. 1323), mais dont l'étendue était un peu moindre. Le pourtour en est nettement marqué par une ligne de dunes ou par un cordon littoral de galets roulés, de roches perforées, etc.

» Sans aucun doute, ce golfe communiquait avec le bassin du Hampshire, où la même faune se retrouve, et probablement aussi avec le bassin de la Loire inférieure. Communiquait-il avec la mer du Nord? Cela est très probable, en raison des affinités de la faune des sables de Beauchamp avec celle du calcaire grossier, dont la patrie était la mer du Nord. Mais, pour que cette question soit résolue d'une façon certaine, il est nécessaire que les dépôts signalés en Belgique comme étant de la même époque soient mieux connus dans leur faune.

» L'éocène moyen a été suivi, pour l'Europe septentrionale, d'un exhaussement qui a transformé le bassin anglo-parisien en lacs ou en lagunes; c'est

l'époque de l'éocène supérieur. Dans mon opinion, aucune trace de dépôts de cette époque, caractérisée par la faune paléothérienne du gypse, n'existe au nord du bassin, à partir du seuil des Flandres, du Boulonnais et des Wealds; mais la partie centrale de la Manche était restée une dépression où, comme dans le bassin de Paris, se sont formés des lacs ou des lagunes.

» Ici, comme à l'époque des lignites, ces lagunes de l'éocène supérieur étaient presque au niveau de la mer, car celle-ci y a pénétré à plusieurs reprises pour y déposer de minces couches marines, les marnes à *Pholadoniya ludensis*, et d'autres couches avec lucines, cérites, etc. La différence que présentent ces dépôts dans l'île de Wight d'une part et à Paris de l'autre pourrait faire supposer que la première localité communiquait avec l'Atlantique, la seconde avec la mer du Nord.

» Quoi qu'il en soit, un affaissement notable à l'ouest a déterminé la rentrée de la mer du Nord, non seulement dans le bassin de Paris, mais sur une grande partie de la Belgique, sur la Westphalie, le Hanovre septentrional et la Prusse. Contournant le Hartz et les montagnes hercyniennes, cette mer a pénétré par un long canal jusqu'à la vallée du Rhin à Mayence, et s'est étendue dans cette dépression qui existait depuis longtemps déjà depuis Bingen jusqu'au pied du Jura, au delà de Bâle ([1]).

» La communication du bassin de Paris avec le bassin du Hampshire est démontrée pour cette époque; il y avait là un petit golfe (*fig.* 2, ..., *ante*, p. 1323), et très probablement le Cotentin était une lagune dépendant de ce golfe. L'extension à l'ouest est plus incertaine : j'ai indiqué cette incertitude par un prolongement en ligne ponctuée à points plus espacés. Sans aucun doute, la partie occidentale de la Manche restait, à ce moment, une dépression peu élevée au-dessus du niveau de la mer, une sorte de seuil précédant l'Atlantique, où nous retrouvons la faune des sables de Fontainebleau dans un petit fiord qui s'étendait du sud au nord, de Nantes à Rennes.

» Ainsi, pendant le dépôt des sables de Fontainebleau, comme pendant les époques précédentes de la période tertiaire, la Manche restait une dépression à pentes peu inclinées et sans falaises entre l'Atlantique et la mer du Nord. De l'Atlantique au Pas-de-Calais, cette dépression occupait sensiblement l'emplacement actuel de la Manche; mais, au lieu du détroit, la saillie crayeuse qui s'étendait du Boulonnais à Brighton et à Londres continuait à s'opposer à la communication directe.

([1]) *Bulletin de la Société géologique de France*, 2e série, t. XII, p. 760; 1855.

» Quelle qu'ait été la profondeur des eaux dans le bassin de Paris pendant le dépôt des sables de Fontainebleau, qui s'y sont accumulés sur une épaisseur de plus de 70^{m} quelquefois, nous constatons à la partie supérieure de ces sables cette alternance de petites couches marines et d'eau douce qui indique qu'à ce moment le fond de la dépression se trouvait de nouveau au niveau de la mer.

» Pendant cette série de dépôts qui comblaient le fond du bassin, celui-ci s'affaissait peu à peu et se trouvait encore au niveau de la mer, bien que des couches solides comme celles du calcaire grossier ou meubles comme les sables de Beauchamp et de Fontainebleau, d'une épaisseur totale de plus de 100^{m}, se fussent accumulées les unes sur les autres.

» Or, aujourd'hui, la couche déposée alors au niveau de la mer se trouve, aux environs de Paris, à 160^{m} d'altitude; elle s'abaisse au sud : elle n'est plus qu'à 120^{m} à Étampes, à 125^{m} à Fontainebleau; mais elle s'élève considérablement au nord, car elle atteint 250^{m} dans la forêt de Villers-Cotterets. Toutes ces hauteurs ne sont que les témoins de la nappe horizontale de sable qui formait alors le fond uni de la dépression parisienne, et qu'un léger mouvement ascensionnel a transformé en lac : le lac du calcaire de Beauce et des meulières de Meudon et de Montmorency. Ce lac a commencé par être au niveau de la mer, puisque ses premiers dépôts alternent avec les derniers sédiments marins. Sans aucun doute, il n'y a eu à cette époque aucun changement considérable dans le relief du nord de la France. On pourrait seulement légitimement supposer que le sol s'est un peu affaissé vers le sud-est, ce qui expliquerait la plus grande épaisseur du calcaire lacustre dans cette direction. Mais le soulèvement qui a porté ces couches, dans le nord, à des hauteurs qui dépassent leur niveau actuel en Touraine de 150^{m} au moins, est un phénomène postérieur au calcaire de Beauce.

» Jusqu'à la fin du calcaire de Beauce, nous avons pu nous faire une idée générale, suffisamment nette, du relief du sol de la France septentrionale pendant toutes les époques de la période tertiaire, et nous avons établi que ce relief s'est toujours maintenu en rapport avec celui de la dépression de la Manche.

» A partir de ce moment, les moyens de contrôle nous échappent. Nous sommes souvent réduits à de simples conjectures, que nous émettrons plutôt pour appeler de nouvelles recherches que pour donner des solutions.

» Nous savons cependant encore d'une manière certaine que, par suite

d'un exhaussement du sol au nord-est et d'un affaissement au sud-ouest, la pente régulière du sol s'établit dans cette dernière direction : les calcaires de Beauce furent mis à sec au nord-est et plongèrent au sud-ouest sous les eaux de l'Atlantique, qui vinrent occuper d'une manière permanente la Touraine et y déposer les couches connues sous le nom de *faluns* (miocène moyen). Les rivages de cet ancien golfe sont marqués dans beaucoup de points. Ils sont aujourd'hui environ à 100^{m} au-dessus du niveau actuel de la mer.

» Le plongement régulier du calcaire de Beauce d'Étampes à Tours est loin de suffire pour expliquer le relèvement de ces couches à plus de 250^{m} à Villers-Cotterets ; ce relèvement est donc dû à un phénomène distinct et postérieur.

» On doit donc séparer le mouvement général d'exhaussement qui a émergé toute l'Europe septentrionale après l'époque des sables de Fontainebleau et qui, plus accentué encore après le calcaire de Beauce, a fait pénétrer l'océan Atlantique en Touraine par la vallée de la Loire; on doit séparer, dis-je, ce mouvement général du soulèvement qui a donné à certaines parties septentrionales du bassin de Paris un relief exceptionnel.

» Ce qui paraît certain, c'est que la mer des faluns de Touraine n'a recouvert aucune partie de l'Europe septentrionale et qu'elle n'a point occupé la dépression de la Manche, où elle n'a laissé aucune trace de sa présence. La mer pliocène, au contraire, a recouvert une partie du Cotentin, et là ses dépôts sont restés à peu près au niveau de la mer; on sait d'ailleurs qu'elle occupait l'emplacement actuel de la mer du Nord, qu'elle dépassait même à l'ouest, en s'étendant sur une partie des comtés d'York, Norfolk, Suffolk et Essex, et à l'est, sur la région d'Anvers.

» Le golfe pliocène du Cotentin était-il une dépendance de la mer du Nord, ou appartenait-il à l'océan Atlantique? Cette dernière hypothèse semble peu probable, puisque jusqu'ici on n'a encore signalé aucun lambeau pliocène marin sur les côtes de l'Atlantique, ni en Bretagne, ni dans l'Aquitaine. Toutefois, je me borne à poser la question.

» Entre l'époque du calcaire de Beauce, fin du miocène inférieur, et celle des marnes pliocènes du Cotentin, pendant toute la durée du miocène moyen et du miocène supérieur, le relief de la France septentrionale a pu subir d'importantes modifications. Le relèvement vers le nord du calcaire de Beauce et de toutes les assises qui le supportent, relèvement bien constaté au commencement du miocène moyen, a dû se faire sentir sur le versant méridional de la vallée de la Manche, dont les assises plongèrent

alors vers le sud, et, comme ce relèvement ne paraît pas avoir affecté au même degré les côtes de l'Angleterre, il en résulterait que la partie centrale de la dépression a dû, à cette époque, se soulever, former un bombement anticlinal et peut-être se fissurer de manière à présenter à la mer, lors de sa rentrée, un passage à bords escarpés, sans doute très peu élevés, mais sur lesquels l'action des eaux a pu s'exercer avec plus d'énergie ([1]). Mais il est inutile de pousser plus loin cette hypothèse. J'abandonne donc, comme un sujet qui m'est complètement inconnu, l'histoire du relief de la Manche pendant les temps qui se sont écoulés entre le miocène inférieur et la période quaternaire, par laquelle je terminerai ces observations.

» Ici nous rencontrons quelques faits intéressants.

» Le soulèvement principal, qui a porté les couches tertiaires à de si grandes hauteurs et que nous avons distingué de l'exhaussement général du sol, a paru à plusieurs géologues, parmi lesquels d'Omalius d'Halloy et Élie de Beaumont ([2]), être en rapport avec les éruptions volcaniques des bords du Rhin. Or, ces éruptions sont quaternaires.

» C'est également à la période quaternaire que d'Archiac ([3]) attribue l'ouverture du détroit de Calais.

» Je n'ai aucune raison pour ne pas adopter ces deux opinions, au moins d'une manière générale. Je considère même comme parfaitement fondée l'idée de d'Archiac que, pendant une partie de la période quaternaire, les îles Britanniques continuaient à être rattachées au continent européen, d'où leur sont venus ces nombreux troupeaux de mammouths et de rhinocéros dont les débris abondent en Angleterre.

» D'Archiac suppose que l'ouverture de l'isthme est due à une rupture violente. Faut-il voir dans les phénomènes volcaniques de la région rhénane la cause ou du moins un fait concomitant de cette rupture et en même temps du soulèvement si considérable du nord de la France? Je ne vois rien qui s'y oppose, et certainement, dans ce cas, on se rendra aisément compte de la formation de nos falaises si escarpées.

» On ne peut nier d'ailleurs que la période quaternaire n'ait été le théâtre de violentes secousses de l'écorce terrestre. Les volcans d'Auvergne

---

([1]) D'Archiac (*Histoire des progrès de la Géologie*, t. II, p. 635) a traité cette question d'une manière différente.

([2]) *Notice sur les systèmes de montagnes*, p. 568.

([3]) *Loc. cit.*, p. 127 et 170. — *Bulletin de la Société géologique de France*, t. X, p. 222; 1839.

comme ceux de l'Eifel datent du milieu de cette période. On peut donc légitimement voir dans ces phénomènes les effets des dislocations du genre de celles qui ont ouvert les défilés du Rhin, de la Meuse, du détroit de Calais, et de beaucoup d'autres accidents récents dans l'Europe occidentale.

» Pendant cette période quaternaire, l'hémisphère nord a été tout entier soumis à des oscillations d'une amplitude véritablement surprenante. Nous ne trouvons rien de comparable dans la période tertiaire, non seulement jusqu'à la fin du miocène inférieur dans notre Europe septentrionale, mais jusqu'à la fin des marnes pliocènes subapennines dans l'Europe méridionale. Partout on constate, pendant toute la durée des temps miocènes ou pliocènes, ces mouvements lents qui changent insensiblement et sans dislocation la distribution des terres et des eaux.

» Les phénomènes physiques et dynamiques de la période quaternaire constituent, et par leur énergie et par leur généralité, quelque chose de tout à fait anomal, qui vient brusquement changer la nature des mouvements du sol, jusque-là analogues, pour ainsi dire, à ceux de la nature actuelle, excepté dans quelques cas particuliers et locaux.

» Pour ces divers motifs, nous attribuerons à cette période l'ouverture du détroit de Calais et l'état final actuel des falaises de la Manche. »

ANTHROPOLOGIE. — *Craniologie des races nègres africaines. Races non dolichocéphales*; par M. A. DE QUATREFAGES.

« J'ai l'honneur de présenter à l'Académie, au nom de M. le Dr Hamy et au mien, ainsi qu'au nom des éditeurs, la neuvième livraison de nos *Crania Ethnica*. Cette livraison comprend la fin de la description craniologique des races nègres africaines, y compris les races Boschismane et Hottentote, ainsi que le commencement de nos études sur les races jaunes ou mongoliques. Je n'entretiendrai aujourd'hui l'Académie que d'un groupe de populations appartenant aux premières. Elle comprendra aisément les motifs qui me font insister sur un point relativement restreint de ce vaste sujet.

» On a universellement admis jusqu'à ce jour que tous les Nègres africains sont dolichocéphales, c'est-à-dire que leur indice céphalique est égal ou inférieur à 75,00. On avait bien rencontré quelques exceptions à cette règle; mais, à l'exception des deux crânes de Noubas décrits en 1866

par M. Ecker, on n'avait pas trouvé d'indice céphalique supérieur à 77,77, limite extrême de la sous-dolichocéphalie. Ces cas, du reste très rares, avaient été considérés comme de simples écarts individuels, analogues à ceux que présentent presque tous les autres caractères ethnologiques.

» Mais, en 1872, M. Hamy ayant eu l'occasion de calculer l'indice céphalique d'un Nègre de Fernand-Vaz, mesuré par M. Lartigue, trouva que cet indice s'élevait à 80,00. Il se souvint alors que M. du Chaillu avait rapporté de la même région un lot considérable de têtes osseuses que M. Richard Owen avait sommairement étudiées. M. Hamy reprit les chiffres publiés par le savant anglais, calcula les indices céphaliques et arriva à un résultat fort inattendu. Sur 93 crânes, 66 seulement étaient dolichocéphales, 14 étaient mésaticéphales, 11 sous-brachycéphales, avec des indices supérieurs à 80,00, mais inférieurs à 83,33; enfin 2 étaient de vrais brachycéphales, dont les indices montaient à 84,24.

» Une fois sur la voie, M. Hamy continua ses recherches et mit à profit tous les matériaux recueillis par les voyageurs français ou étrangers. Les résultats de cette étude, poursuivie pendant plusieurs années, peuvent être formulés dans les termes suivants : Bien loin que tous les Nègres d'Afrique soient dolichocéphales, il existe sur ce continent des populations diverses formant deux groupes distincts qui passent successivement de la sous-brachycéphalie à la mésaticéphalie et à la sous-dolichocéphalie pour aboutir à la véritable dolichocéphalie. En d'autres termes, le rapport du diamètre transverse au diamètre antéro-postérieur va en diminuant progressivement. Le calcul des indices moyens donne pour cette espèce de série décroissante les nombres 82,57; 77,29; 76,40 et 75,40. Ce raccourcissement de la tête coïncide d'ailleurs avec d'autres particularités caractéristiques du crâne et de la face; et l'on peut dès à présent partager cet ensemble de Nègres non dolichocéphales en trois ou quatre races distinctes.

» M. Hamy a donc ajouté un chapitre entièrement nouveau à l'histoire anthropologique de l'Afrique. Il nous a montré sur ce continent la répétition de faits parfaitement analogues à ceux que nous avons eu à signaler en décrivant les têtes osseuses des populations océaniennes. Tous ces résultats, dont l'importance est facile à comprendre, lui appartiennent d'ailleurs en propre. En en parlant aujourd'hui à l'Académie, je ne fais que remplir le rôle de rapporteur.

» Parmi ces races, caractérisées craniologiquement pour la première fois, la plus intéressante, à coup sûr, est celle des Négrilles. M. Hamy a donné ce nom à un ensemble de populations qui ont depuis longtemps

attiré l'attention par la petitesse de leur taille. Leurs tribus orientales, incomplètement connues des anciens, ont donné lieu à bien des exagérations et des fables; mais les découvertes modernes mettent hors de doute que les récits relatifs aux Pygmées d'Homère, d'Hésiode, d'Aristote, etc., avaient un fondement réel.

» Une de ces tribus, celle des Akkas, a spécialement attiré l'attention dans ces dernières années. Un compte rendu inexact de la description qu'en avait faite, pour la première fois, M. le Dr Schweinfürth, avait conduit quelques anthropologistes à penser que ces Akkas étaient la plus petite race humaine et que chez eux la colonne vertébrale ne présentait qu'une seule courbure à concavité antérieure, comme celle des singes. Des renseignements plus exacts et des photographies ramenèrent bientôt à des idées plus justes. On reconnut que ces petits Nègres sont tout aussi cambrés que les autres races humaines. Quant à leur taille, elle paraît se rapprocher beaucoup de celle des Mincopies des îles Andaman, mais reste supérieure à celle des Boschismans, chez lesquels la hauteur du corps descend peut-être jusqu'à 1^m, à coup sûr jusqu'à $1^m,14$.

» Malheureusement aucun crâne d'Akka n'est encore parvenu en Europe, et les mesures prises sur le vivant sont en fort petit nombre. En outre, presque toutes ont été recueillies sur de jeunes sujets. La moyenne de ces mensurations placerait ces Négrilles parmi les mésaticéphales. Mais ce résultat aurait pu être attribué à l'âge des individus. Heureusement M. Marno a pu observer une jeune femme de vingt à vingt-cinq ans, haute de $1^m,36$, dont l'indice s'élevait à 82,85 et qui, par conséquent, était fortement sous-brachycéphale. D'autre part, M. Schweinfürth, dont les notes et les descriptions détaillées ont malheureusement été perdues, attribue aux Akkas un crâne presque sphérique. Il est donc probable que cette race se rapproche de la brachycéphalie vraie, au moins autant que les Négrilles occidentaux dont nous allons parler.

» Les documents relatifs à ces derniers sont beaucoup plus complets. Un certain nombre de leurs crânes figurent aujourd'hui dans les collections de France et d'Angleterre à côté de têtes osseuses prises dans les mêmes contrées. En réunissant ces diverses données, M. Hamy a pu déterminer les caractères de la race dont il s'agit et apprécier jusqu'à un certain point le rôle qu'elle a joué dans la formation de quelques-unes des populations actuelles.

» Nulle part encore on n'a rencontré les Négrilles réunis en corps de nation quelque peu nombreuse. Ils sont disséminés au milieu des autres

Nègres ou tout au plus groupés en tribus qui paraissent être en voie d'extinction. Tel est, en particulier, le cas des Akoas, dont M. l'amiral Fleuriot de Langle a décrit un individu, âgé d'environ quarante ans et qui mesurait environ $1^m,35$-$1^m,40$.

» Ce savant marin avait un des premiers insisté sur la forme arrondie du crâne de ces individus, forme si différente de celle qui caractérise la tête ordinaire du Nègre. Un crâne masculin, recueilli par lui chez les Oroungous du cap Lopez, justifie pleinement cette appréciation. Ici l'indice s'élève à 83,63 et accuse par conséquent une véritable brachycéphalie. Ce crâne est d'ailleurs fort petit; sa capacité est de 1275^{cc} seulement. Vu d'en haut, il présente dans toute sa moitié postérieure une courbe presque régulièrement hémisphérique, dont les branches s'infléchissent et se rapprochent en avant pour circonscrire un front relativement assez large. Quand on le regarde de profil, on voit ce front s'élever presque verticalement, puis s'infléchir assez brusquement en dessinant une courbe surbaissée qui se continue jusque vers le milieu des pariétaux. Là elle s'infléchit rapidement, présente un léger ressaut à la hauteur de l'occipital et s'étend ensuite jusqu'au trou de même nom, en présentant quelques légères oscillations.

» La face est remarquable par la réduction de toutes ses dimensions, surtout de la hauteur. L'indice facial est seulement de 58,33, chiffre qui ne se rencontre guère que chez des individus dont l'évolution n'est pas achevée. Mais ici l'état de la dentition atteste que le sujet était bien adulte.

» Le squelette du nez est remarquablement réduit. Les os propres sont en partie soudés entre eux et avec les branches montantes du maxillaire supérieur. Ils sont à peine surélevés sur la ligne médiane, dessinent une courbe concave sur le profil et se prolongent seulement en bas en un mince crochet osseux. L'indice nasal (57,77) place ce Négrille parmi les platyrrhiniens les plus accusés. Terminons cette esquisse descriptive en disant que l'intermaxillaire est d'une brièveté extrême et que le prognathisme est peu considérable.

» Un crâne féminin, recueilli également par l'amiral Fleuriot de Langle, chez les M'Boulous, au fond de l'estuaire du Gabon, ressemble beaucoup au précédent. Il est seulement un peu plus allongé (indice céphalique 78,36).

» Cinq crânes de Cammas ou N'Kamis, provenant de l'embouchure du Fernand-Vaz et faisant partie des collections du Muséum ou de la Société d'Anthropologie, présentent des variations fort étendues. L'un d'eux, par

sa petitesse, par les contours généraux de la tête, par son indice céphalique, 81,92, rentre bien dans le groupe dont nous parlons. Toutefois le front est un peu moins vertical, et la voûte cranienne plus surbaissée. A la face, l'intermaxillaire a plus de hauteur, et surtout le nez s'est allongé et rétréci. L'indice nasal, 51,06, place ce sujet parmi les mésorrhiniens. Les autres crânes de même provenance passent progressivement aux Guinéens ou Nègres proprement dits.

Des faits analogues ont été découverts dans le bassin de l'Ogooué par nos courageux voyageurs, MM. de Brazza, Ballay et Marche. Le dernier nous apprend que la taille des Bongos ne dépasse pas $1^m,50$ à $1^m,52$ et que celle des N'Javis n'atteint pas $1^m,60$. Il leur a trouvé en outre la tête globuleuse, la figure ronde et peu prognathe. MM. de Brazza et Ballay, en revenant de leur périlleuse expédition à l'intérieur, ont recueilli dans une île un squelette entier et quatre crânes bien conservés d'Adoumas.

» Des cinq têtes qui composent cette petite, mais bien précieuse collection, trois présentent les caractères nigritiques très franchement accusés. Les deux autres sont presque entièrement semblables à celle que l'amiral Fleuriot de Langle a rapportée du cap Lopez.

» Ainsi, dans toute cette région, M. Hamy a retrouvé des faits analogues à ceux qui ressortaient de l'étude faite par lui de la collection du Chaillu. Partout il a constaté qu'à l'élément Nègre classique s'ajoutait un autre élément ethnologique, caractérisé essentiellement par la petitesse de la taille et par un crâne sous-brachycéphale en moyenne, mais atteignant parfois la brachycéphalie. M. Hamy n'a pas manqué de rappeler à ce propos ce que nous avons vu chez les races nègres océaniennes. Là aussi, à côté d'une race grande et dolichocéphale, existe une race petite et sous-dolichocéphale. Quoiqu'il n'y ait pas identité craniologique entre les *Pygmées* de l'Afrique et ceux de l'extrême Orient, quoique les caractères extérieurs diffèrent, il est bien difficile de ne pas voir dans les Négrilles le terme correspondant anthropologique du Négrito, comme le Nègre classique est celui du Papou.

» En poursuivant ses études sur les Nègres non dolichocéphales, M. Hamy a retrouvé ce caractère chez des populations fort différentes des Négrilles; mais il y est moins accusé.

» Depuis longtemps les indigènes du Congo avaient été signalés comme se distinguant par l'ensemble de leur physionomie des Nègres proprement dits ou Guinéens. L'étude d'un crâne de cette région, faisant partie des collections du Muséum, justifie cette appréciation. L'indice céphalique

s'élève à 78,30. La capacité est de 1465^{cc}. La courbe antéro-postérieure, d'abord assez oblique, se relève à la bosse frontale médiane, qui est très accusée, s'infléchit de nouveau et se prolonge d'une manière régulière jusqu'à son extrémité. Les arcades surcillères, sans être aussi accusées que chez certains Papous, le sont sensiblement plus que chez les Guinéens. La face est large et massive. Les os du nez, presque exactement quadrilatères, forment une arête bien prononcée, indiquant un nez assez saillant; mais l'indice nasal s'élève à 58,82 et place par conséquent cet individu parmi les platyrrhiniens les plus accusés.

» Les autres crânes congos mesurés par divers observateurs sont loin d'être aussi bien caractérisés que celui-ci, et, en somme, l'indice moyen est de 75,40.

» M. Hamy réunit en une seule race les Noubas, les Fours, les Gallas, les Niam-Niam, etc. Il rattache à ce groupe oriental les Haoussas, placés à l'ouest du lac Tchad, bien qu'une population craniologiquement distincte se trouve placée entre eux.

» Comme je l'ai dit plus haut, la tête osseuse des Noubas a été décrite dès 1866, par M. Ecker, d'après deux exemplaires. Leur indice moyen est de 78,29. Le crâne n'offre rien de bien caractéristique dans sa conformation, mais il en est autrement de la face. En particulier, le prognathisme présente ici des particularités spéciales. Dès l'espace interorbitaire, le squelette facial se porte en avant et en bas. Mais un singulier mouvement de torsion ramène en bas et en arrière l'arcade maxillaire, en dilatant les malaires dont l'angle inférieur forme une sorte de bec au-dessous des pommettes.

» M. Hamy a retrouvé ce trait caractéristique dans trois crânes du Kordofan. Il est aussi bien marqué sur un crâne de Haoussa, qui est figuré dans notre atlas. Cette dernière tête présente d'ailleurs les autres caractères signalés par M. Ecker. Son indice céphalique s'élève même à 79,78. Tout justifie donc le rapprochement qu'a fait M. Hamy.

» Les Nègres Haoussas présentent en général un type élevé qui a frappé tous les voyageurs. Grâce aux photographies recueillies par M. de Lacaze-Duthiers à Alger, en 1862, sur des individus venus de Ségo, on peut suivre ce type jusque chez les Bambaras, sur les rives du Niger occidental. Il est probable que les caractères ostéologiques indiqués ci-dessus se retrouveront également, au moins dans une partie de cette population.

» Pour terminer ce résumé des études de M. Hamy, il me reste à dire quelques mots de la race Kanori, qui habite le Bournou et sépare, par con-

séquent, les Noubas des Haoussas. Celle-ci est représentée dans la collection du Muséum par un squelette complet, donné à notre établissement par M. le baron Larrey. Le crâne de cet individu est mésaticéphale, avec un indice de 76,40. Les contours en sont remarquablement arrondis. Toutes les saillies osseuses, toutes les aspérités sont comme émoussées. Seuls les arcs sourcillers dessinent un relief sensible au-dessous duquel le haut de la face s'enfonce quelque peu. Le nez est court et dilaté, si bien que l'indice nasal s'élève presque à 60,00. En même temps, l'intermaxillaire est très peu élevé, contrairement à ce qui existe chez les Haoussas. Quelques portraits de Nègres du Bournou, entre autres une photographie due encore à M. de Lacaze-Duthiers, présentent des traits qui concordent parfaitement avec les caractères que je viens d'indiquer.

» Malgré la brièveté forcée de ce résumé, l'Académie aura compris, j'espère, que les études de M. Hamy ont une importance sérieuse. L'auteur de ce travail a montré que l'absence de la dolichocéphalie caractérise en Afrique, non pas seulement quelques individus isolés, mais des populations entières, occupant des espaces considérables et dont quelques-unes s'étendent de l'est à l'ouest, à travers les quatre cinquièmes environ du continent. Il a suivi et précisé les manifestations diverses de ce caractère. Il a pu ainsi caractériser nettement des races jusque-là plus ou moins confondues. Il a donc fourni à ses successeurs un nouveau moyen d'analyse ethnique pour les races africaines. A ces divers titres, cet ensemble de recherches sera à coup sûr accueilli avec une juste faveur par tous les anthropologistes. »

PATHOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Nouvelles expériences sur la résistance des moutons algériens au sang de rate.* Note de M. **A. Chauveau.**

« Dans la séance du 23 juillet 1879, j'ai eu l'honneur de communiquer à l'Académie le résultat d'expériences sur le sang de rate dans lesquelles neuf moutons de provenance algérienne se sont montrés réfractaires à la maladie. J'ai indiqué, dans ma Communication, l'importance que ce fait présente soit au point de vue des applications pratiques qu'il est possible d'en faire en Économie rurale, soit pour l'étude générale de la prédisposition et de l'immunité en Pathologie; mais j'ai eu soin de réserver toute conclusion définitive sur ces points jusqu'au moment où de nouvelles expériences démontreraient qu'on se trouve en présence d'un fait général et non pas d'une simple particularité accidentelle. Ces nouvelles expériences ont

été faites. Le nombre en est aujourd'hui suffisant pour faire une preuve complète. Il est de mon devoir de les faire connaître.

» La première série de ces expériences complémentaires a été exécutée en France sur sept moutons de la province de Constantine, arrivés depuis peu de jours. Ces animaux furent inoculés à la lancette, à une oreille, par piqûres sous-épidermiques et sous-dermiques, avec de la matière charbonneuse provenant d'une rate desséchée dont la virulence était extrêmement active. Du reste, on inocula comparativement un mouton du pays (dauphinois), pour éprouver directement l'activité de la matière infectieuse.

» C'est le 24 septembre que l'inoculation fut pratiquée. Le 26, le sujet d'épreuve présentait une tuméfaction considérable des ganglions parotidien et pré-scapulaire du côté de l'inoculation. Il succomba au milieu de la nuit, ayant probablement encore une température élevée, car, cinq à six heures auparavant, la cavité du rectum marquait 42°,3. L'autopsie démontra que cet animal était bien mort du sang de rate.

» Quant aux sept sujets algériens, aucun d'eux ne prit le charbon après cette inoculation. Ils présentèrent seulement un peu d'élévation de température, avec tuméfaction extrêmement légère des ganglions parotidien et pré-scapulaire. Les symptômes observés offrirent la même bénignité à peu près sur tous les sujets, même sur cinq d'entre eux qui subirent une réinoculation, le 27 septembre, avec la pulpe du ganglion parotidien de l'animal témoin mort la veille. Un nouvel animal témoin, mouton du Lyonnais, en bonne santé, inoculé avec la même pulpe ganglionnaire, prit au contraire un sang de rate type et ne survécut que quatre jours et quelques heures à l'inoculation. La température rectale était exactement 39°,6, au moment précis de la mort sur ce dernier sujet.

» Une troisième inoculation comparative fut pratiquée sur les cinq derniers sujets dont il vient d'être question et sur quatre beaux moutons de provenance italienne : 1° un mouton toscan, noir; 2° une brebis toscane, noire; 3° un agneau blanc né de cette dernière; 4° un superbe mouton piémontais à oreilles pendantes. Un lapin fut ajouté à ce lot de moutons d'épreuve. Le 18 mars dernier, tous ces animaux furent inoculés de la même manière, par piqûres aux deux oreilles, avec la pulpe fraîche d'une rate de lapin extrêmement riche en bactéridies charbonneuses. Les résultats de l'inoculation furent on ne peut plus démonstratifs. En effet, tous les animaux témoins étaient morts le 20, et l'autopsie démontrait qu'ils avaient succombé au sang de rate. Au contraire, les cinq moutons algériens ne furent nullement éprouvés et continuèrent à jouir de la plus parfaite santé.

» En résumé, dans cette expérience, à laquelle on ne consacra pas moins de treize moutons, six appartenaient à des races européennes : dauphinoise, lyonnaise, toscane et piémontaise. Ces animaux succombèrent au sang de rate, tous les six, après une seule inoculation. Sept étaient de provenance algérienne et la plupart subirent trois inoculations : tous résistèrent parfaitement. Cette expérience a donc été exécutée dans des conditions particulièrement remarquables au point de vue de la signification des résultats qu'elle a donnés.

» Les autres expériences dont j'ai à rendre compte ont été faites en Algérie même. J'y avais apporté comme matière à inoculation diverses substances infectantes. Deux seulement se sont trouvées actives : 1° la pulpe splénique d'un mouton charbonneux, écrasée entre deux plaques de verre qu'on avait enveloppées dans des feuilles d'étain; 2° une culture en tube, préparée suivant la méthode de M. Pasteur. C'est le lapin qui m'a servi à éprouver l'activité de ces substances infectantes. En arrivant à Alger, où la plupart de mes expériences ont été faites, j'ai eu la satisfaction de constater que cette espèce animale y possède au même degré qu'en France l'aptitude à contracter le sang de rate. J'ai pu ainsi, dans tous les cas sans exception, pratiquer des inoculations d'épreuve sur des sujets témoins, de manière à assurer certitude complète aux résultats de mes expériences sur le mouton.

» J'ai à faire une observation préalable importante avant de faire connaître ces résultats. La plupart des expériences dont il va être question ont été instituées, non plus dans le simple but de constater si les inoculations charbonneuses prennent sur les moutons algériens, mais avec l'intention de tenter de vaincre, par certains procédés, la résistance bien établie que ces animaux opposent, en général, aux inoculations pratiquées dans les conditions ordinaires. Ces tentatives, dont je parlerai avec détail dans une autre Communication, ont été parfois suivies de succès. Nonobstant, les résultats de ces expériences d'Alger sont d'accord, dans leur ensemble, avec ceux de mes expériences antérieures. Il m'a donc paru qu'à celles-là je pouvais réunir celles-ci et grossir ainsi les chiffres de ma statistique. Ce n'est pas indifférent, parce que la question de nombre joue un rôle prépondérant dans une question du genre de celle que je traite. La multiplicité des expériences pouvait seule en effet permettre de décider si la résistance des moutons algériens aux inoculations charbonneuses constitue un caractère très général. Cela dit, je passe à l'indication des résultats de ces expériences algériennes.

» Un premier lot de trois moutons est inoculé le 27 mars, en même temps

que deux lapins témoins. Ceux-ci meurent du sang de rate. Les moutons résistent non seulement à cette première inoculation, mais encore à deux autres qui suivirent, à trois et à six jours d'intervalle, et qui firent périr tous les animaux témoins.

» Quatre brebis, dont deux pleines, forment un deuxième lot, qui est inoculé une première fois le 30 mars, une seconde fois le 2 avril. Les lapins témoins succombent très rapidement au sang de rate. Quant aux brebis, une meurt le 5 avril, avec les lésions types de la fièvre splénique. Sur les trois autres, on observe une inappétence très passagère, un peu d'élévation de la température rectale, sans engorgements ganglionnaires bien sensibles. Après ces troubles très légers, ces trois brebis ne tardent pas à reprendre tous les signes de la plus parfaite santé.

» Le troisième lot comprend huit animaux; on les inocule le 2 avril. Le 10, il en meurt un du sang de rate. Les sept autres sujets, passagèrement éprouvés pour la plupart, reviennent très rapidement à leur état normal. Naturellement, tous les lapins inoculés comme sujets d'épreuve avaient péri du sang de rate.

» J'ai enfin à signaler un dernier lot de seize animaux, sur lesquels une inoculation fut faite le 17 avril, avec pleine et entière réalisation des conditions supposées propres à assurer le succès. On réussit à en faire mourir six sujets du sang de rate. Les dix autres deviennent presque tous un peu malades et retrouvent avec rapidité la plénitude de leur santé. Il y eut aussi, dans ce cas, des lapins d'épreuve qui furent tués par l'inoculation; mais la réussite de cette inoculation sur plusieurs moutons parle bien autrement encore en faveur de l'activité de la matière employée.

» Une récapitulation générale de ces expériences comparatives montre qu'on y a consacré douze moutons européens de diverses races et quarante-sept moutons algériens.

» Les douze moutons européens sont *tous* morts du sang de rate après une *seule* inoculation, exécutée dans les conditions ordinaires [1].

---

[1] Depuis que mon attention est appelée sur la résistance spéciale des moutons algériens, j'ai inoculé, en sus des douze sujets européens qui ont servi dans ces expériences comparatives, une quinzaine de moutons appartenant aux races du sud-est et du centre de la France ou du nord de l'Italie. *Pas un* n'a échappé au sang de rate. Tous sont morts rapidement, à l'exception d'un mouton toscan, qui, après avoir d'abord laissé croire à une immunité absolue, a été tué au bout de neuf jours par une infection bactéridienne localisée fort curieuse, dont je parlerai plus tard. Cependant je n'hésite pas à reconnaître, comme dans ma première Note, que les inoculations charbonneuses peuvent échouer sur les moutons

» Sur les quarante-sept moutons algériens, huit seulement ont succombé; trente-neuf ont résisté aux inoculations multipliées qu'ils ont subies. Les huit victimes appartenaient toutes à la catégorie des animaux sur lesquels l'inoculation avait été faite dans des conditions spéciales.

» Il découle de ces faits que la résistance des moutons algériens au sang de rate doit être considérée comme un caractère très général et que cette précieuse qualité peut, en toute sûreté, être exploitée dans l'intérêt des opérations zootechniques.

» Je me borne aujourd'hui à signaler et les faits bruts et la conclusion pratique générale qui en résulte. J'exposerai à part, dans des Communications successives, les autres études que les moutons algériens m'ont permis de faire sur la physiologie pathologique du sang de rate. »

NOMINATIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la nomination d'un Correspondant pour la Section de Chimie, en remplacement de feu M. *Zinin*.

Au premier tour de scrutin, le nombre des votants étant 45,

M. Stas	obtient	40	suffrages.
M. Baeyer	»	1	»
M. Cannizaro	»	1	»
M. Kekulé	»	1	»
M. Melsens	»	1	»
M. Meyer	»	1	»

M. Stas, ayant obtenu la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la nomination d'une Commission de deux Membres qui sera chargée de vérifier les comptes de l'année 1879.

MM. Chevreul, Rolland réunissent la majorité des suffrages.

---

de France, et j'ai déjà déterminé l'une des conditions dans lesquelles cela arrive. La constance des succès fournis par mes expériences actuelles tient à ce que j'ai toujours agi dans les mêmes conditions, avec des matières infectantes d'une seule et même provenance.

MÉMOIRES LUS.

PHYSIQUE. — *Sur la valeur de la pesanteur à Paris.* Note de M. C.-S. Peirce.

(Commissaires, MM. Faye, d'Abbadie, Mouchez.)

« L'accord très satisfaisant entre les chiffres donnés par Borda et par Biot pour la valeur de la pesanteur à Paris et la quantité trouvée par Kater à Londres, corrigée pour Paris au moyen des résultats des transports des pendules invariables, nous a donné une grande confiance dans l'exactitude de ce résultat.

» Voici les trois valeurs pour la longueur du pendule à secondes :

	mm
Borda	993,827
Biot.............	993,845
Kater............	993,867

» Néanmoins, on pourrait peut-être dire que l'accord entre ces chiffres n'est qu'un hasard. On sait, en effet, qu'on n'a fait sur aucun de ces nombres la correction exprimant l'inertie de l'air entraîné par le pendule, correction importante faite pour la première fois par Bessel. Or, on n'aurait aucune raison de s'attendre, avant d'avoir fait les calculs, à ce que cette correction devrait être de la même grandeur pour le pendule de Borda, fait d'une boule de platine et d'un fil de fer de 4^m, pour celui de Biot, composé d'un fil de cuivre de $0^m,6$ auquel il avait adapté la même boule que Borda, et pour celui de Kater, qui était en laiton et de forme irrégulière. Mais l'effet de l'atmosphère sur une sphère suspendue à un mince cylindre est parfaitement susceptible d'être exactement calculé par les formules que M. Stokes a données dans son important Mémoire sur ce sujet. Deux éléments concourent à produire cet effet : l'un résulte de la simple pression atmosphérique, et l'autre de cette propriété de l'air que les physiciens anglais appellent sa *viscosité* et les Allemands la *friction intérieure*. Pour le calcul de ce dernier élément, il faut prendre la valeur de la *viscosité* de l'air donnée par les expériences modernes, celles de Maxwell, par exemple. M. Stokes a adopté pour la *viscosité* un chiffre beaucoup trop petit ; cela

affecte surtout les chiffres exprimant les effets de la *viscosité* sur les fils de suspension ; c'est pourquoi les comparaisons faites par Stokes entre l'observation et la théorie ne font pas ressortir la véritable valeur de celle-ci. Les effets atmosphériques produits sur les calottes qui attachaient la boule de platine, aussi bien que les modifications des effets atmosphériques causées par les parois des vitrines où oscillaient les pendules de Borda et de Biot, peuvent être calculés approximativement. Il est bien entendu que ces corrections ne sont pas moins corroborées par l'observation des périodes d'oscillations des pendules à différentes pressions que par l'analyse.

» Les observations de Biot ont aussi été affectées par l'oscillation des supports. Quant aux supports employés par Borda, je pense, d'après sa description, qu'ils étaient d'une grande solidité, et la correction à faire à la valeur de la pesanteur, étant en raison inverse de la longueur du pendule employé, doit être minime dans ce cas. Les supports de Biot existent encore à l'Observatoire; seulement ils ont subi deux modifications : 1° ils ont été renforcés sur les côtés de deux traverses ; 2° la pièce qui soutenait le pendule a été remplacée par une autre très solide. Avec l'autorisation que m'accorda obligeamment M. l'amiral Mouchez, j'ai écarté les traverses et j'ai alors mesuré la flexion des supports (munis toujours de la nouvelle tête), soumis à l'effet d'une force de 2^{kg} et de 5^{kg}, appliquée dans un sens horizontal. Voici mes mesures :

Écart avec 2^{kg}.

	$13^{\mu},2$
	12,9
Moyenne.......	13,2
Par kilogramme..	6,6

Écart avec 5^{kg}.

	$34^{\mu},8$
	34,8
	35,5
	35,6
	35,2
Moyenne.......	35,2
Par kilogramme..	7,0

» Pour apprécier l'effet produit par le mouvement non plus du grand sup-

port, mais de la petite pièce qui soutenait le pendule dans les expériences de Biot, il faut une soigneuse étude expérimentale aidée de l'application d'une théorie toute différente de celle qui s'applique aux supports élastiques. Pour le moment, je néglige cet effet.

» En appliquant les autres corrections, j'obtiens les nombres suivants :

	Borda.	Biot.
Longueur donnée.............	993827 μ	993845 μ
Effets hydrodynamiques........	31,4	31,4
Viscosité. Sphère..............	35,0	23,1
» Fil.......	22,6	1,8
Effet de la calotte.............	2,1	6,2
» vitrine................	0,2	0,2
Flexion (portion connue).......	»	5,0
Longueur corrigée.............	993918,0	993913,0
Nouvelle mesure...............	993934	

» Si l'on adopte sept microns pour l'effet de la portion inconnue de la flexion du support Biot, on voit que, loin d'affaiblir notre confiance dans l'exactitude des observations de ces illustres physiciens, nos corrections ne font que disparaître la différence entre les résultats qu'ils ont obtenus. Le chiffre exprimant le résultat de mes expériences (993934) s'écarte sensiblement des autres ; néanmoins, une étude attentive de toutes les causes d'erreur m'a convaincu qu'il est exact à dix microns près.

» La longueur du pendule à secondes à Paris, calculée d'après les expériences de Kater, est $0^{m},99387$, c'est-à-dire plus courte que ma détermination de $0^{mm},07$. Si nous en croyions les expériences faites par le général Sabine à différentes pressions avec le pendule de Kater, il faudrait ajouter à la mesure de celui-ci une correction non moindre que $0^{mm},16$, correction plus de deux fois trop grande pour l'accord des déterminations. Mais le général Sabine a fait des expériences trop peu nombreuses pour pouvoir établir un résultat aussi improbable. On ne peut donc tirer aucun parti des expériences de Kater. En tout cas, je crois avoir suffisamment prouvé par ce qui précède que le chiffre donné jusqu'ici sur la valeur de la pesanteur à Paris doit être augmenté d'un dix-millième. »

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

MÉCANIQUE. — *Développement d'une fonction à une seule variable, dans un intervalle donné, suivant les valeurs moyennes de cette fonction et de ses dérivées successives dans cet intervalle.* Mémoire de M. **H. Léauté**. (Extrait par l'auteur.)

(Commissaires : MM. Bertrand, Puiseux, Bouquet.)

« Les problèmes ordinaires de Mécanique appliquée se ramènent, en général, à la détermination d'une fonction assujettie à certaines conditions, et il suffit, dans la plupart des cas, de déterminer cette fonction dans un certain intervalle que fixent les conditions mêmes du mécanisme étudié.

» D'autre part, les équations de la Mécanique appliquée, étant toujours approximatives, sont surtout propres à fournir les valeurs moyennes [1] des quantités qui y figurent.

» Ces deux considérations montrent qu'il y a intérêt, au point de vue des applications, à substituer au développement de Maclaurin, où entrent les valeurs de la fonction et de ses dérivées successives en un point déterminé, un autre développement procédant suivant les valeurs moyennes de la fonction et de ses dérivées dans l'intervalle que l'on considère.

» C'est la recherche de ce développement qui constitue le présent travail.

» Je résous d'abord la question suivante :

» *Trouver le polynôme en x de degré n tel que sa valeur moyenne et celles de ses n dérivées, dans l'intervalle de $-h$ à $+h$, soient égales à $n+1$ quantités données* $Y_0, Y_1, \ldots, Y_n$.

» On trouve que le polynôme y peut se mettre sous la forme

$$y = P_0 Y_0 + P_1 Y_1 + \ldots + P_n Y_n,$$

$P_0, P_1, \ldots, P_n$ étant des polynômes en x et h de degré égal à leur indice, que je désigne sous le nom de *polynômes auxiliaires* et qui sont indépendants des valeurs de $Y_0, Y_1, \ldots, Y_n$ que l'on s'est données.

---

[1] La valeur moyenne de $f(x)$ dans l'intervalle de a à b est $\frac{1}{b-a}\int_a^b f(x)\,dx$.

» Le problème est ainsi ramené au calcul des polynômes auxiliaires.

» Or il est facile de voir que ces polynômes jouissent des propriétés énoncées ci-après :

» 1° Chacun d'eux est indépendant du degré du polynôme y que l'on veut former et ne dépend que de son degré à lui-même, de telle sorte que tous ces polynômes forment une suite indéfinie parfaitement déterminée.

» 2° La valeur moyenne dans l'intervalle considéré d'un polynôme quelconque est égale à zéro, sauf pour le premier, dont la valeur moyenne est égale à l'unité.

» 3° Chacun de ces polynômes auxiliaires est la dérivée du polynôme de degré immédiatement supérieur.

» Cette dernière propriété, qui fait rentrer les polynômes auxiliaires dans la classe de ceux étudiés par M. Appell [1], suffit, avec la précédente, pour les déterminer complètement.

» Cela posé, le polynôme P_n étant pris sous la forme

$$P_n = B_0 \frac{x^n}{n!} + B_1 h \frac{x^{n-1}}{n-1!} + \ldots + B_n h^n,$$

je montre que les coefficients B_0, B_1, ..., B_n sont indépendants de h, que tous les coefficients d'indice impair sont nuls et que les coefficients d'indice pair sont fournis par l'équation

$$\frac{B_0}{p!} + \frac{B_2}{p-2!} + \cdots + \frac{B_{p-1}}{1} = 0,$$

où l'on donne successivement à p la suite des valeurs impaires et où l'on fait B_0 égal à l'unité.

» La fonction génératrice de ces coefficients est alors

$$\varphi(x) = \frac{2x}{e^x + e^{-x}}.$$

Quant à la fonction génératrice $\psi(x, z)$ des polynômes auxiliaires, elle est donnée par

$$\psi(x, z) = \frac{2hz}{e^{hz} - e^{-hz}} e^{xz}.$$

» Les polynômes de degré impair ont pour racines $-h$, zéro et $+h$, excepté le premier, qui est égal à x; les polynômes de degré pair ont une

---

(1) APPELL, *Sur une certaine classe de polynômes* (*Annales de l'École Normale*, 2e série, t. IX, 1880).

racine réelle comprise entre $-h$ et zéro, et une entre zéro et $+h$. J'établis d'ailleurs que les polynômes auxiliaires ne peuvent avoir, dans l'intervalle de $-h$ à $+h$, d'autres racines réelles que celles indiquées, et je prouve qu'ils n'ont pas forcément toutes leurs racines réelles.

» Le développement auquel on est conduit pour représenter une fonction y, dans l'intervalle de $-h$ à $+h$, est le suivant :

$$y = \left(\text{moy}.y\right)_{-h}^{+h} + \frac{3x}{3.1!}\left(\text{moy}.\frac{dy}{dx}\right)_{-h}^{+h} + \frac{3x^2 - h^2}{3.2!}\left(\text{moy}.\frac{d^2y}{dx^2}\right)_{-h}^{+h}$$
$$+ \frac{3x^3 - 3h^2x}{3.3!}\left(\text{moy}.\frac{d^3y}{dx^3}\right)_{-h}^{+h} + \frac{3x^4 - 6h^2x^2 + \frac{3}{5}h^4}{3.4!}\left(\text{moy}.\frac{d^4y}{dx^4}\right)_{-h}^{+h} + \cdots.$$

On voit que, lorsque l'intervalle considéré diminue indéfiniment, la série précédente devient celle de Maclaurin, ce qui devait être.

» Dans la plupart des questions de Mécanique appliquée, il suffira d'employer les deux ou trois premiers termes du développement. Cela revient à remplacer la courbe représentative de la fonction inconnue soit par une droite parallèle à la corde extrême, soit par un arc de parabole. Dans tous les cas d'ailleurs, la ligne substituée à la courbe réelle traverse cette dernière de manière à déterminer une surface équivalente et à avoir la même direction moyenne.

» Il en résulte que les erreurs à craindre dans l'intervalle considéré sont, en général, moindres que si l'on avait fait usage de la formule de Maclaurin. Cette formule, en effet, qui donne une grande approximation dans les environs du point de départ, expose à des erreurs très sensibles dès que l'on s'éloigne de ce point particulier. Or, dans les questions de Mécanique pratique, c'est surtout la marche générale du phénomène qu'il importe de saisir plutôt que son expression exacte en un point donné. Aussi conviendra-t-il, dans la généralité des cas, d'employer de préférence le mode de développement précédemment indiqué. »

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la résolution de l'équation $x^n + y^n = z^n$ en nombres entiers.* Mémoire de M. **Lefébure.** (Extrait par l'auteur.)

(Commissaires : MM. Hermite, Bonnet, Bouquet).

« Le Mémoire que j'ai l'honneur de présenter à l'Académie contient divers théorèmes auxquels j'ai été conduit dans mes recherches sur la résolution de l'équation $x^n + y^n = z^n$ en nombres entiers, ainsi que la méthode

que j'ai suivie pour trouver ces solutions. Dans cette méthode je fais usage des résidus des puissances n des nombres obtenus par la division des nombres premiers de la forme $2kn+1$. Je remarque que la suite illimitée de ces nombres premiers peut se partager en deux groupes. Dans le premier se placent les nombres $p=2kn+1$, qui conduisent à des résidus tels, que la somme algébrique de trois quelconques d'entre eux ne peut être un multiple de p. Le second groupe comprend ceux qui conduisent à des sommes algébriques de trois résidus multiples de p.

» J'établis la proposition suivante :

» *Tous les nombres premiers p du premier groupe sont nécessairement des diviseurs de l'un des trois termes* x, y, z *d'une solution entière de* $x^n+y^n=z^n$; *par suite, tout nombre premier* $p=2kn+1$ *est un diviseur de* x, y *ou* z, *ou bien il fait partie du second groupe.*

» J'en conclus que, si le premier groupe est composé d'un nombre infini de termes, $x^n+y^n=z^n$ n'a pas de solution entière. La démonstration est donc ramenée à établir ce dernier point.

» Je fais voir que les considérations qui précèdent ne sont pas applicables au cas de $n=2$.

» Ainsi, le premier groupe doit être limité et le second illimité pour que $x^n+y^n=z^n$ puisse avoir des solutions entières. Mais on ne saurait admettre que le premier groupe est limité et en même temps le second groupe illimité; donc $x^n+y^n=z^n$ n'admet pas de solution entière.

» J'indique pourquoi cette méthode n'est pas applicable au cas de $n=2$. »

PHYSIQUE. — *Recherches expérimentales sur la polarisation rotatoire magnétique dans les gaz.* Mémoire de M. **Henri Becquerel**, présenté par M. Fizeau. (Extrait par l'auteur.)

(Commissaires : MM. Fizeau, Berthelot, Desains.)

« J'ai eu l'honneur de montrer l'année dernière à l'Académie [1] comment on pouvait manifester et mesurer le phénomène de la polarisation rotatoire magnétique dans les gaz à la température et à la pression ordinaires. L'étude de cette question a été poursuivie avec les appareils décrits à cette époque. Je rappellerai seulement que, par des réflexions successives,

[1] *Comptes rendus*, t. LXXXVIII, p. 709, mars 1879.

on faisait passer plusieurs fois les rayons polarisés au travers d'un tube en cuivre de $3^{m},27$ de long, fermé par des glaces parallèles; ce tube contenait les gaz à étudier et était soumis à l'action électromagnétique de six grosses bobines dans lesquelles passait le courant électrique d'une pile de 80 grands éléments à acide azotique. Une boussole des sinus donnait à chaque instant l'intensité du courant électrique, et l'on mesurait la double rotation du plan de polarisation de la lumière, en renversant le sens du courant dans l'appareil.

» Le réglage du système optique pouvait se faire avec assez de perfection pour que l'on obtînt un grand nombre d'images réfléchies sans déformation. Les mesures ont porté sur les quatre premières images réfléchies qui correspondent à trois, cinq, sept et neuf passages des rayons lumineux à travers l'appareil.

» Un Mémoire détaillé que j'ai l'honneur de présenter aujourd'hui à l'Académie contient la discussion et la mesure de toutes les petites corrections qui peuvent affecter les observations directes. On a vérifié, par expérience, que les réflexions successives des rayons lumineux, ainsi que leurs passages à travers les glaces, n'apportent aucune perturbation dans les mesures, par suite des phénomènes de polarisation elliptique très faibles qui pourraient prendre naissance. Parmi les corrections qu'il faut faire subir aux mesures directes, la plus importante est due à l'influence du magnétisme sur les glaces qui ferment le tube et qui se trouvent à $0^{m},14$ environ en dehors des bobines. Cette correction a été déterminée avec le plus grand soin par des expériences spéciales, et l'on a vérifié que la valeur adoptée satisfaisait aux observations faites avec l'appareil plein d'air, soit en interposant les glaces sur le trajet des rayons lumineux, soit en retirant celles-ci.

» Par suite du passage du courant électrique, l'appareil s'échauffe notablement et atteint parfois 30° à 35° C. Un manomètre, adapté au tube, mesure à chaque instant la pression des gaz et permet de se servir du tube comme d'un thermomètre à gaz pour en déduire la température moyenne.

» Les résultats ont été ramenés à la température de 0° et à la pression de 760^{mm} de mercure. Pour éviter les effets de compression sur les glaces, les gaz étaient introduits par déplacement sous l'influence d'un excès de pression très faible.

» On a employé comme source lumineuse la chaux incandescente d'un chalumeau oxyhydrique, en interposant sur le trajet de la lumière divers écrans colorés ne laissant passer qu'une région étroite du spectre, et l'on

a déterminé la longueur d'onde moyenne des rayons qui arrivent à l'œil dans chaque cas, en mesurant, pour ceux-ci, la rotation magnétique du plan de polarisation au travers d'une colonne de sulfure de carbone liquide.

» Cinq gaz ont été étudiés jusqu'ici dans cet appareil : ce sont l'oxygène, l'azote, l'acide carbonique, le protoxyde d'azote et le gaz oléfiant. Pour ces gaz, *excepté pour l'oxygène,* sur lequel je reviendrai plus loin, j'ai reconnu que *les rotations magnétiques des plans de polarisation des rayons de diverses longueurs d'onde sont à très peu près en raison inverse du carré des longueurs d'onde,* comme pour les corps solides et liquides non magnétiques.

» En se fondant sur cette relation, on peut déterminer avec une grande précision la rotation que l'on obtiendrait avec la lumière jaune de la soude. La discussion des résultats montre que les erreurs ne peuvent dépasser 0,02 de la valeur des nombres observés.

» On a mesuré en outre avec grand soin la rotation magnétique obtenue dans l'appareil pour les rayons jaunes de la soude traversant une colonne de sulfure de carbone liquide, à la température de 0°, et soumise à l'intensité électromagnétique qui a servi d'unité. On a trouvé que, pour un passage des rayons lumineux à travers l'appareil, cette rotation était de 4520'.

» Parmi les nombreux résultats obtenus, je citerai les nombres suivants, relatifs à la lumière jaune de la flamme de sodium.

Gaz.	Rotations magnétiques mesurées (neuf passages) (raie D).	Rotations magnétiques rapportées au sulfure de carbone liquide R.	Indices de réfraction n.	Rapports $\frac{R}{n^2(n^2-1)}$.
Oxygène	5',96	0,000146	1,0002706	0,269
Air atmosphérique..	6,48	0,000159	1,0002936	0,277
Azote.............	6,56	0,000161	1,0002977	0,274
Acide carbonique...	12,28	0,000302	1,0004544	0,332
Protoxyde d'azote...	16,02	0,000393	1,0005159	0,381
Gaz oléfiant.......	32,62	0,000802	1,0006780	0,590

» J'ai montré il y a quelques années que le pouvoir rotatoire magnétique des corps solides et liquides non magnétiques était lié à leur indice de réfraction, et que pour ceux-ci le quotient de la rotation R par la fonction $n^2(n^2-1)$, dans laquelle n représente l'indice de réfraction, était un nombre qui variait peu. En prenant pour unité la rotation du sulfure de carbone liquide, les valeurs du rapport $\frac{R}{n^2(n^2-1)}$ ont varié entre 0,1 et 0,5.

Il est très remarquable de retrouver avec les gaz des valeurs de ce rapport presque identiques, alors que les rotations magnétiques sont dix mille fois plus faibles. Les valeurs du rapport $\frac{R}{n^2(n^2-1)}$ sont indiquées dans la dernière colonne du Tableau qui précède. Elles vont régulièrement en augmentant avec les indices de réfraction, ce qui tendrait à montrer que la fonction $n^2(n^2-1)$ n'est qu'une expression approchée du phénomène. On peut observer que, pour les cinq gaz précédents, les rotations magnétiques augmentent un peu moins vite que la fonction $(n-1)^2$. La faible valeur des indices de réfraction des gaz et le nombre restreint des gaz étudiés ne permettent pas de déterminer avec précision quelle est la fonction de l'indice qui satisfait au phénomène, et l'on doit se borner à reconnaître la liaison intime des deux propriétés des corps.

» L'oxygène a donné des résultats particulièrement intéressants; ce gaz a manifesté pour les rayons rouges une rotation très peu supérieure à celle des rayons verts. Les différences entre les deux rotations sont trop faibles pour que l'on puisse affirmer que ce corps disperse les plans de polarisation de la lumière à l'inverse des autres substances, comme cela semble résulter des expériences; il y a toutefois une anomalie bien nette, car, pour les mêmes rayons lumineux, les autres gaz donnent des rotations magnétiques dont le rapport est environ 1,50, le plan de polarisation des rayons verts étant plus dévié que celui des rayons rouges. Ce fait est assez remarquable si on le rapproche de la propriété qu'a l'oxygène d'être très magnétique. J'ai démontré dans un travail antérieur que les corps solides et liquides magnétiques doués d'un pouvoir rotatoire négatif dispersent les plans de polarisation des divers rayons lumineux suivant une loi différente de celle que suit le phénomène dans les corps diamagnétiques. Bien que les rotations données par l'oxygène soient positives, l'anomalie que l'on vient de signaler semble liée aux propriétés magnétiques de ce gaz. En se reportant à mes précédentes recherches, on reconnaît que l'on peut imaginer un mélange de deux corps, l'un magnétique, l'autre diamagnétique, qui donnerait lieu au phénomène que présente l'oxygène. »

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur la constance de la proportion d'acide carbonique dans l'air*. Note de M. Th. Schlœsing.

(Renvoi à la Section d'Économie rurale.)

« Les résultats des déterminations de l'acide carbonique dans l'atmosphère, fort divergents d'abord, se sont resserrés entre des limites très voi-

sines, à mesure que les procédés d'analyse ont acquis une précision plus grande; ceux que l'on doit depuis quelques années aux observateurs les plus autorisés, tels que M. Schultze, M. Reiset, etc., ne présentent plus que des différences de $\frac{1}{15}$ environ. M. Reiset attribue cette constance du taux d'acide carbonique au brassage incessant de l'atmosphère; cette opinion pouvant être contestée, il me paraît utile de la fortifier par les considérations suivantes.

» On peut distinguer deux sortes de variations possibles du taux de l'acide carbonique atmosphérique : une variation lente du *taux moyen de l'atmosphère entière*, provenant d'inégalités dans les phénomènes naturels qui produisent de l'acide carbonique ou en consomment; elle sera révélée par des séries de dosages comparatifs exécutés, par un même procédé, à de longs intervalles de temps; puis des variations à courtes périodes, locales, les seules que nous puissions saisir actuellement et qu'il soit permis de discuter.

» Il est certain qu'il existe des causes de production et de consommation d'acide carbonique soumises à des variations considérables et relativement rapides : telles sont la végétation et la combustion lente des résidus organiques, dont l'activité dépend de la température. Mais, outre que ces variations s'accomplissent en sens inverses dans les différentes régions du globe et doivent se balancer en partie, il y a pour les restreindre un régulateur puissant qui combine son action avec celle de la circulation et du brassage de l'atmosphère : c'est la mer.

» A diverses reprises, j'ai déterminé dans l'eau de la Manche la proportion d'acide carbonique et celle des bases existant à l'état de carbonates; j'ai constamment trouvé les résultats suivants : 1^{lit} d'eau de mer contient $98^{\text{mg}},3$ d'acide carbonique et une quantité de bases carbonatées équivalant à $99^{\text{mg}},3$ d'acide sulfurique anhydre. J'ai toute confiance dans le dosage de l'acide carbonique; la détermination des bases est moins précise, à cause de la silice en dissolution dans l'eau de mer. Le rapport en équivalents de l'acide carbonique aux bases est $\frac{4,47}{2,48}$; d'où l'on voit que l'acide est, pour la majeure partie, engagé dans des bicarbonates, ainsi qu'on pouvait s'y attendre.

» Or j'ai montré (*Comptes rendus*, juin et juillet 1872) que l'eau pure, mise en contact à la fois avec un carbonate terreux et une atmosphère contenant de l'acide carbonique, se charge d'une quantité de bicarbonate qui croît, suivant une loi mathématique, avec la tension de l'acide carbonique

dans cette atmosphère. Lorsqu'on introduit dans l'eau un sel neutre de soude, de chaux, de magnésie, la quantité de bicarbonate formé peut différer de celle qui se ferait dans l'eau pure; mais elle croît avec le taux d'acide carbonique, et il se produit encore un état d'équilibre entre elle et la tension du gaz carbonique.

» Cet état tend sans cesse à se produire dans l'eau de mer, qui, depuis des milliers de siècles, est en contact incessant avec l'atmosphère et les carbonates terreux de son fond, de ses bords et des apports des fleuves. Il ne peut être réalisé d'une manière absolue; l'équilibre parfait n'est pas compatible avec le mouvement, pas plus dans les mers que dans l'atmosphère; des échanges continuels doivent donc se produire entre les deux milieux : quand arrivent des variations du taux d'acide carbonique dans l'air, la tendance à l'équilibre que je viens de rappeler provoque soit un dégagement d'acide des eaux marines et une précipitation de carbonate neutre si la variation est en moins, soit une absorption d'acide et une dissolution de carbonate si elle est en plus. Dans ce jeu continuel, la mer peut évidemment exercer sur le taux d'acide carbonique aérien une action régulatrice, si, dans le partage de l'acide carbonique, elle a pris la plus grosse part et qu'elle remplisse ainsi la condition indispensable à tout régulateur agissant comme réservoir, celle de posséder une quantité d'acide carbonique disponible beaucoup plus grande que la quantité qui constitue la variation dans l'air.

» Essayons donc de calculer les quantités respectives d'acide carbonique marin et aérien, pour savoir si cette condition est satisfaite.

» On admet que la mer, étendue sur toute la surface du globe en une couche uniforme, aurait une profondeur de 1000^{m}. La quantité d'acide carbonique contenue dans un prisme vertical de cette couche ayant pour base 1^{mq} est $98^{kg},3$. Ces $98^{kg},3$ formant des bicarbonates, la moitié, soit 49^{kg}, est disponible pour exercer l'action régulatrice, l'autre moitié est retenue par des bases. En supposant que notre atmosphère ait une composition uniforme et renferme en volume $\frac{3}{10000}$ d'acide carbonique, un prisme vertical de cette atmosphère ayant pour base 1^{mq} contient seulement $4^{kg},7$ d'acide. Ainsi la mer tiendrait en réserve, dans ces hypothèses, une quantité d'acide carbonique disponible pour les échanges avec l'air dix fois plus grande que la quantité totale contenue dans l'atmosphère, et bien plus grande, *a fortiori*, que les variations de cette quantité. Quoique ces chiffres n'aient rien d'absolu, on peut certainement conclure que la mer est beaucoup plus riche que l'atmosphère en acide carbonique

disponible et doit dès lors jouer le rôle de régulateur que je lui prête.

» Je rappellerai, en terminant, que j'ai déjà attribué aux eaux marines la fonction de régler la circulation de l'ammoniaque atmosphérique. Ainsi la mer est le réservoir et le régulateur de distribution de trois aliments essentiels des plantes, l'eau, l'ammoniaque et l'acide carbonique. »

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Des causes qui tendent à gauchir les poutres des ponts en fer, et des moyens de calculer ces poutres, pour résister aux efforts gauchissants.* Mémoire de M. **S. Périssé**, présenté par M. Yvon Villarceau. (Extrait par l'auteur.)

(Commissaires : MM. Yvon Villarceau, Phillips, Resal, Bresse, Lalanne.)

« Les formules ordinaires de la théorie de la flexion plane, appliquées aux diverses pièces des ponts en fer, supposent que ces pièces conservent leur verticalité, comme les charges qui les fléchissent, et que ces charges sont appliquées dans le plan même de la flexion. Ces conditions ne sont pas toujours réalisées. Deux causes y font obstacle :

» 1° Le mode ordinaire d'assemblage des pièces de pont;

» 2° Les compressions longitudinales, exercées sur la plate-bande supérieure des poutres.

» Sous l'effet de ces deux causes, le gauchissement ou *flambage* des poutres de rive tend à se produire; celles-ci se déverseraient et perdraient leur position verticale, si certaines pièces de contreventement ne les y maintenaient. A moins d'avoir des poutres d'une raideur horizontale exceptionnellement grande, leur déversement ne sera *empêché* que par des entretoises formant contreventement supérieur, ou, à défaut de ces entretoises, le déversement ne sera *arrêté* que par des montants verticaux, suffisamment forts et convenablement disposés.

» Les constructeurs connaissent l'importance de ces pièces, et ils les déterminent par comparaison avec des ouvrages plus ou moins analogues, ayant déjà reçu la sanction de la pratique. Mais, à notre connaissance, on n'a indiqué jusqu'ici aucune formule pour le calcul des contreventements supérieurs et des montants verticaux.

» Cette question n'est traitée, ni dans les Ouvrages français, ni dans aucun des Cours spéciaux qui sont professés dans nos grandes Écoles. L'auteur du Mémoire a essayé de combler cette lacune, et, si son exposé théorique peut laisser à désirer, il a néanmoins la conviction d'avoir ouvert la

voie aux ingénieurs théoriciens et d'avoir indiqué, en attendant les résultats de leurs recherches, des formules qui permettront de munir les ponts en fer des pièces nécessaires pour empêcher le déversement des poutres.

» L'auteur a considéré un pont à une seule travée de portée L, avec deux maîtresses poutres de hauteur H, et n pièces de pont, inférieures et équidistantes, de hauteur h.

» PREMIÈRE CAUSE. — *Les moments gauchissants développés, sur les poutres, par l'assemblage des pièces de pont,* varient avec leur mode d'appui et d'attache; chacune de ces pièces transmet à la poutre une charge P, à une distance d du plan de flexion.

» Il importe peu que la poutre puisse résister à la torsion, sans perdre son élasticité; il faut qu'elle ne se déforme pas et qu'elle reste verticale, ce qui revient à chercher son équilibre, sans tenir compte de la résistance à la torsion. Pour cela, deux séries de forces extérieures t_1 et t_2 sont nécessaires. Chaque pièce de pont exerce une force t_1, faisant avec l'horizontale un angle α connu, et appliquée à la distance λ de la semelle. La force t_2 horizontale, de signe contraire à t_1, est exercée par une entretoise supérieure, placée au-dessus de chaque pièce de pont. Les inconnues t_1 et t_2 ont la valeur suivante, obtenue en projetant sur un plan horizontal et en prenant les moments par rapport à un axe longitudinal, passant par les points d'application des forces t_1 :

$$t_1 = \frac{Pd}{(H-\lambda)\cos\alpha}, \quad t_2 = \frac{Pd}{H-\lambda}.$$

» Les pièces verticales ou inclinées qui composent la paroi âme doivent satisfaire à la relation $\Sigma \frac{RI}{V'} = \frac{Pd}{H-\lambda} y$, y étant la distance des sections considérées, à la plate-bande supérieure.

» Les montants verticaux remplacent les entretoises du contreventement, à la condition d'être encastrés sur la pièce de pont; mais ils n'empêchent pas d'une façon absolue le déversement de la poutre : ils le limitent à l'angle α. Chaque montant vertical doit satisfaire à la relation

$$\frac{RI}{V'} = Pd\frac{H-h}{H-\lambda}.$$

» Lorsque le contreventement supérieur existe seulement au droit des appuis, il est soumis à une force horizontale $T_2 = \frac{\Sigma Pd}{2(H-\lambda)}$, et l'équilibre

peut être obtenu, si la plate-bande supérieure est assez raide par elle-même. Comme précédemment, l'entretoisement supérieur peut être remplacé par un ou plusieurs montants verticaux, encastrés au-dessus du sabot d'appui, qui doivent satisfaire à la relation $\Sigma \frac{RI}{V'} = \frac{\Sigma P dH}{2(H-\lambda)}$.

» Seconde cause. — *Les efforts de compression sur la plate-bande supérieure* tendent à la faire fléchir comme un prisme chargé debout, suivant sa ligne moyenne. Une flexion horizontale peut se manifester si l'on peut, pour un point quelconque, poser $\frac{\mu}{H} = \frac{\pi^2 EI}{l^2}$. Alors la plate-bande se trouve dans un équilibre instable si elle est abandonnée à elle-même. L'auteur a exprimé cette relation en fonction d'une seule variable x, p étant la charge par unité de longueur, E le coefficient d'élasticité du fer rivé, I le moment d'inertie minimum; il a trouvé

$$\frac{p}{8H}(L^2 - x^2) = \frac{\pi^2 EI}{x^2},$$

relation qui peut se mettre sous la forme d'une équation bicarrée; en posant $\pi^2 EI = K$ et $\frac{p}{8H} = A$, on obtient

$$Ax^4 - AL^2x^2 + K = 0$$

ou bien

$$y^2 - L^2 y + \frac{K}{A} = 0;$$

d'où

$$x^2 = y = \frac{L^2}{2} \pm \sqrt{\frac{L^4}{4} - \frac{K}{A}}.$$

» Pour que la plate-bande supérieure n'éprouve pas de flexion horizontale, il faut que les valeurs de y soient imaginaires, ce qui exige que la quantité sous le radical soit négative. On en conclut l'expression suivante de la longueur L de la poutre, qu'il ne faut pas dépasser, si l'ouvrage est dépourvu de pièces de contreventement :

$$L = \sqrt[4]{\frac{4K}{A}} = \sqrt[4]{\frac{32\pi^2 EIH}{p}}.$$

» En pratique, il faut appliquer un coefficient de sécurité. »

M. **Guyot** adresse un Mémoire intitulé : « Sur la résolution des équations des degrés supérieurs. »

(Renvoi à la Commission précédemment nommée.)

M. **P.-A. Picard** adresse une Note relative au « gyroscope électromagnétique ».

(Renvoi à la Commission précédemment nommée.)

CORRESPONDANCE.

M. **Chancel**, nommé Correspondant pour la Section de Chimie, adresse ses remercîments à l'Académie.

M. le **Secrétaire-perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Un Ouvrage de M. *J. Chatin* intitulé : « Organes des sens dans la série animale ».

2° Plusieurs brochures d'Anatomie et de Physiologie de M. *N. Joly*.

M. le **Secrétaire perpétuel** annonce à l'Académie une nouvelle perte de la Science : M. Jean-Mothée Gaugain, dont les beaux travaux sur l'électricité avaient été encouragés et récompensés par le prix Gegner pendant les cinq dernières années, a succombé, le 31 mai 1880, à une longue et douloureuse maladie.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur des transcendantes qui jouent un rôle important dans la théorie des perturbations planétaires.* Note de M. **G. Darboux**.

« Dans les séances du 3 et du 10 mai, M. Tisserand a fait connaître des propositions très importantes relatives à certaines transcendantes qui sont définies par la formule

$$(1 + a^2 - 2a\cos\varphi)^{-s} = \frac{1}{2} b_s^{(0)} + b_s^{(1)} \cos\varphi + \ldots + b_s^{(k)} \cos k\varphi + \ldots$$

et à leurs dérivées par rapport à la variable a dont elles dépendent. Depuis, M. Callandreau, dans deux Notes successives, a donné une expression

approchée des dérivées d'ordre très élevé de ces fonctions. Je me propose de montrer qu'en suivant la méthode indiquée dans mon Mémoire *Sur l'approximation des fonctions de grands nombres,* on obtient sans difficulté non seulement le premier terme de ces expressions approchées, donné par M. Callandreau, mais autant de termes qu'on le voudra.

» Je ferai d'abord remarquer que ces transcendantes $b_s^{(k)}$ se ramènent aux fonctions $P(\lambda, s)$ considérées par Legendre dans le Tome II du *Traité des fonctions elliptiques* (p. 531). On a

$$b_s^{(k)} = 2P(k, s)$$

et

$$P(\lambda, s) = \frac{\Gamma(\lambda+s)a^\lambda}{\Gamma(s)\Gamma(\lambda+1)} F(s+\lambda, s, \lambda+1, a^2),$$

le symbole F désignant une série hypergéométrique.

» Cette série est, comme on sait, finie et continue, ainsi que ses dérivées, tant que le module de a^2 est plus petit que l'unité; elle conserve la même propriété en tous les points du cercle de convergence, à l'exception de celui qui correspond à la valeur $a^2 = 1$. L'application de la méthode d'approximation que j'ai proposée exige que l'on recherche d'abord comment la fonction devient discontinue dans le voisinage de la valeur $a^2 = 1$.

» Je me servirai pour cela de la formule

$$P(\lambda, s) = \frac{\Gamma(1-2s)(-a)^\lambda}{\Gamma(1-s-\lambda)\Gamma(1-s+\lambda)} F(s+\lambda, s, 2s, 1-a^2)$$
$$+ \frac{\Gamma(2s-1)}{\Gamma^2(s)} a^\lambda (1-a^2)^{1-2s} F(1-s+\lambda, 1-s, 2-2s, 1-a^2),$$

donnée par M. Kummer dans son beau Mémoire *Sur la série hypergéométrique,* formule que l'on peut aussi, en s'aidant d'autres résultats obtenus par M. Kummer, mettre sous la forme

$$P(\lambda, s) = \Gamma(1-s-\lambda)\Gamma(1-s+\lambda)a^{-s} F\left[s+\lambda, s-\lambda, s+\frac{1}{2}, -\frac{(1-a)^2}{4a}\right]$$
$$+ 2^{1-2s}\frac{\Gamma(2s-1)}{\Gamma^2(s)} a^{-\frac{1}{2}}(1-a)^{1-2s} F\left[\frac{1}{2}+\lambda, \frac{1}{2}-\lambda, \frac{3}{2}-s, -\frac{(1-a)^2}{4a}\right].$$

» La fonction $P(\lambda, s)$ nous apparaît ainsi, dans le voisinage du point $a = 1$, comme composée de deux parties : la première, qui demeure finie et continue, ainsi que ses dérivées, pour $a = 1$; l'autre, au contraire, qui cesse d'être continue et bien déterminée pour $a = 1$. Conformément à la

méthode que j'ai rappelée, je néglige la première et je développe la seconde suivant les puissances de $1-a$. J'obtiens ainsi un développement que l'on pourrait écrire d'une manière générale, mais dont je me contenterai de donner les cinq premiers termes :

$$\frac{2^{1-2s}\Gamma(2s-1)}{\Gamma^2(s)}(1-a)^{1-2s}\left[1+\frac{1-a}{2}+\frac{4-3s+2\lambda^2}{4(3-2s)}(1-a)^2+\frac{6-5s+6\lambda^2}{8(3-2s)}(1-a)^3\right.$$
$$\left.+\frac{96-125s+35s^2+140\lambda^2-60s\lambda^2+4\lambda^4}{32(3-2s)(5-2s)}(1-a)^4+\ldots\right].$$

Il n'y a plus qu'à remplacer dans cette expression a par $a+x$ et à développer suivant les puissances de x. En réunissant les différents coefficients de x^n, on aura

$$\frac{1}{\Gamma(n+1)}\frac{d^n P(\lambda,s)}{da^n}$$
$$=\frac{2^{1-2s}}{\Gamma^2(s)}(1-a)^{1-2s-n}\frac{\Gamma(n+2s-1)}{\Gamma(n+1)}$$
$$\times\left[1+\frac{(s-1)(1-a)}{n+2s-2}+\frac{(1-s)(4-3s+2\lambda^2)(1-a)^2}{2(n+2s-2)(n+2s-3)}\right.$$
$$-\frac{(6-5s+6\lambda^2)(s-1)(s-2)(1-a)^3}{2(n+2s-2)(n+2s-3)(n+2s-4)}$$
$$\left.+\frac{96-125s+35s^2+140\lambda^2-60s\lambda^2+4\lambda^4}{8(n+2s-2)(n+2s-3)(n+2s-4)(n+2s-5)}(s-1)(s-2)(1-a)^4+\ldots\right].$$

C'est l'expression approchée cherchée. Il importe de remarquer qu'elle demeure exacte même quand $2s$ est entier, bien que les formules employées comme intermédiaires se présentent alors sous forme indéterminée.

» Avant de continuer cette étude, j'indiquerai quelques applications numériques, où je conserverai les notations employées par Le Verrier dans le Tome II des *Annales de l'Observatoire*.

» Pour Mercure et Vénus, on a $\log\alpha=\bar{1},7284839$, et l'on trouve, en employant les différents termes de la formule précédente :

	Un terme.	Deux termes.	Trois termes.	Quatre termes.	Valeur exacte.
c_5^0...........	4290,52	4456,72	4460,58	4459,91	4458,92
c_5^1..........	»	»	4445,13	4447,15	4447,80
c_5^2..........	»	»	4398,78	4408,88	4405,24
c_5^3...........	»	»	4321,53	4345,10	4338,60
c_5^4..........	»	»	4213,37	4255,79	4238,59

» Pour Vénus et la Terre, $\log \alpha = \bar{1},8593378$:

	Un terme.	Deux termes.	Trois termes.	Valeur exacte.
b_6^0...........	24396,01	23721,02	23779,38	23772,3
b_6^1...........	»	»	23826,07	23805,5
b_6^2...........	»	»	23966,10	23909,6
b_6^3...........	»	»	24199,56	24085,8
b_6^4...........	»	»	24526,37	24346,6

» On voit que l'approximation, très remarquable pour des valeurs faibles de l'indice supérieur, diminue quand cet indice augmente notablement. J'indiquerai d'autres démonstrations de la formule approchée qui rendent compte de ce fait. »

ASTRONOMIE. — *Sur la figure de la planète Mars.* Note de M. **H. Hennessy.**

« Dans une Note publiée dans les *Comptes rendus* en octobre 1878 [1], j'ai réclamé la priorité de la découverte de la formule qui établit une relation entre l'aplatissement polaire d'une planète, sa densité moyenne et sa densité à la surface. Me basant sur ces formules, j'en ai tiré quelques conclusions relatives à la configuration de la planète Mars.

» Tout récemment, un astronome américain, M. le professeur C.-A. Young, a publié une série d'observations sur les diamètres équatoriaux et polaires de la planète Mars. Ces expériences paraissent avoir été faites avec le plus grand soin et dans les circonstances les plus favorables; les observations étant réduites et corrigées des légères influences d'aberration, on a la valeur finale de e ou de la compression polaire

$$e = \frac{1}{219}.$$

» Il est facile de démontrer que cette valeur s'accorde mieux avec l'hypothèse d'une fluidité antérieure de la planète qu'avec l'hypothèse d'une érosion superficielle par l'action d'un océan liquide ayant la même densité que l'eau.

» Si la planète Mars avait été primitivement dans un état de fluidité dû à la chaleur, la masse se trouverait distribuée en surfaces sphéroïdales d'égales densités, la densité croissant de la surface au centre.

[1] *Comptes rendus*, n° 22, 1868; *American Journal of Science*, march 1880, p. 206.

» L'ellipticité dépendrait de cette loi et de la périodicité du temps de rotation de la planète, comme c'est le cas pour la Terre. Dans un pareil liquide sphéroïdal

$$e' = \frac{5Q'}{2} F(a'),$$

où Q′ est le rapport de la force centrifuge à la gravité à l'équateur et $F(a')$ une fonction du rayon dont la forme est subordonnée à la loi qui régit les variations de densité en allant de la surface au centre.

» Si nous désignons par T′ le temps de rotation de la planète, par a' son rayon moyen, par M′ sa masse et par g' l'intensité de la force de gravitation à sa surface, nous aurons

$$Q' = \frac{4\pi^2 a'}{T'^2 g'}, \quad g' = \frac{M'}{a'^2}$$

et, conséquemment,

$$Q' = \frac{4\pi^2}{T'^2} \frac{a'^3}{M'};$$

pour la Terre, nous avons

$$Q = \frac{4\pi^2 a}{T^2 g} \quad \text{et} \quad g = \frac{M}{a^2},$$

de là

$$g' = g \frac{M'}{M} \left(\frac{a}{a'}\right)^2$$

et, par conséquent,

$$Q' = Q\left(\frac{T}{T'}\right)^2 \left(\frac{a'}{a}\right)^3 \frac{M}{M'}.$$

» Les astronomes admettent généralement que $\frac{a'}{a} = 54$ environ.

» $T = 86164''$, $T' = 24^h\,37^m\,22^s,7$ ou $T' = 886427''$. Si nous admettons pour les masses de la Terre et de Mars la valeur déterminée par Le Verrier, nous aurons

$$M = \frac{1}{324439} \quad \text{et} \quad M' = \frac{1}{2812526} \quad Q = \frac{1}{289};$$

par suite,

$$Q' = \frac{1}{224,07}.$$

» Pour la Terre, $e = \frac{5}{2} Q F(a)$, et, si $F(a)$ a la même valeur dans Mars ou, pour mieux dire, si la densité varie de la surface au centre comme pour la Terre, $\frac{e'}{e} = \frac{Q'}{Q}$ ou $e' = \frac{Q'}{Q} e$.

» Mais, comme la dernière détermination de e donne $e = \frac{1}{293,46}$, le calcul conduit à $e' = \frac{1}{227,61}$.

» Comme la planète Mars offre à sa surface l'apparence d'un fluide aqueux, on a pu recourir à une théorie quelquefois invoquée pour expliquer la figure de Mars. On a supposé une érosion de la surface combinée avec la force centrifuge qui résulte de la rotation autour de l'axe planétaire. Cette théorie a été soutenue par sir Charles Lyells dans les éditions successives de ses *Principes de Géologie;* bien qu'il ait été démontré qu'elle se trouve en désaccord avec les résultats mathématiques, elle est encore admise par un grand nombre de géologues d'Angleterre et d'Écosse. Cette théorie avait été originairement proposée dans ce dernier pays par Playfair, et l'autorité de cet illustre mathématicien servit à la propager [1].

» En ce qui regarde la théorie de l'érosion par un liquide en mouvement sur la surface d'une planète, j'ai trouvé pour l'ellipticité du liquide enveloppant

$$e = \frac{5\,QD + 6(D'-1)\varepsilon}{Q(5D-3)},$$

ε étant l'ellipticité de la surface solide, D la densité moyenne et D' la densité de ses matériaux solides à la surface; la plus grande valeur que e puisse prendre correspond à $e = \varepsilon$, et alors

$$e = \frac{5\,QD}{Q(5D-3) - 6(D'-1)}.$$

» Pour ce qui regarde la Terre, les valeurs généralement admises pour la densité moyenne de la planète et la densité de la croûte solide sont, en nombres ronds, $D = 5,6$ et $D' = 2,6$. Avec ces nombres il est évident que e ne peut excéder $\frac{1}{417}$.

» La plus petite valeur que l'on puisse donner à D dans le présent état de nos connaissances est à peu près égale à deux fois D'; et par suite $e = \frac{5}{7}Q = \frac{1}{404,6}$.

» Comme je l'ai déjà fait observer, la théorie de l'érosion ne peut rendre compte de la figure de la Terre d'une manière aussi satisfaisante que la théorie de l'entière fluidité primitive.

» Si Mars était un solide homogène, la théorie de l'érosion rendrait aussi bien compte de l'ellipticité observée que s'il s'agissait d'un fluide homogène, car, dans l'un et l'autre cas, e serait alors $\frac{5}{4}Q'$, d'où $e' = \frac{1}{179,24}$, va-

---

(1) *Illustrations of the huttonian Theory* (*Playfair's Works*, t. I, p. 480).

leur qui est sensiblement plus grande que le résultat obtenu par les meilleures observations.

» Les recherches de divers astronomes ont récemment démontré que la surface de Mars offre une distribution bien définie de matière solide et de matière liquide. Les terres paraissent former des groupes d'îles et non de grands continents.

» Si la figure de la planète différait de celle qui est déduite de l'hypothèse de la fluidité primitive, si son aplatissement était moindre ou bien plus grand, une pareille distribution de terres et d'eau ne pourrait exister. Avec un grand aplatissement, la terre formerait une grande ceinture vers l'équateur; avec un aplatissement minime ou une figure sphérique, la terre formerait deux continents circumpolaires ayant un océan équatorial intermédiaire. Tous les observateurs récents s'accordent à donner à la planète une distribution différente de celle qui aurait lieu dans ce dernier cas. »

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'équivalence des formes.* Note de M. C. JORDAN.

« Considérons, avec M. Hermite, les formes de l'espèce suivante :

$$F = \text{norme}(a_{11}x_1 + \ldots + a_{1n}x_n) + \ldots + \text{norme}(a_{n1}x_1 + \ldots + a_{nn}x_n),$$

où les variables x et les coefficients a sont des quantités complexes, de la forme $\alpha + \beta i$. Nous pourrons énoncer les propositions suivantes:

» I. *Toute forme* F *de déterminant* $\gtrless 0$ *est équivalente à une réduite de même espèce, où les modules des coefficients sont limités en fonction de la norme* Δ *du déterminant de* F *et du minimum* μ *de cette forme.*

» II. *Les formes* F *à coefficients entiers et de même déterminant se répartissent en un nombre limité de classes.*

» III. *Les substitutions linéaires à coefficients entiers qui transforment une réduite en elle-même ou en une autre réduite ont les modules de leurs coefficients limités. La limite ne dépend que du nombre des variables.*

» Ces résultats permettent d'étendre aux formes de degré > 2 et à coefficients complexes les méthodes employées par M. Hermite dans ses recherches sur l'équivalence des formes quadratiques. Nous établissons en effet les théorèmes suivants :

» IV. *Toute forme* F *à coefficients entiers est équivalente à une réduite dont les coefficients ont leurs modules limités en fonction entière des modules des*

invariants de F. (*Si* F *avait des covariants identiquement nuls, ce qui n'arrivera certainement que dans certains cas particuliers, la limite dépendrait également des entiers numériques qui figurent dans l'expression des coefficients de ces covariants*).

» V. *Les formes à coefficients entiers algébriquement équivalentes à une forme donnée quelconque se distribuent en un nombre limité de classes.*

» VI. *Soient* F, G *deux formes à coefficients entiers, à* n *variables et de degré* m. *Le nombre des substitutions distinctes qui transforment* F *en* G *sera limité en fonction de* m *et de* n, *et les modules de leurs coefficients seront limités en fonction des mêmes quantités et des modules des coefficients de* F *et de* G.

» On pourra donc, par un nombre limité d'essais, reconnaître si F et G sont équivalentes et déterminer toutes les substitutions à coefficients entiers qui transforment F en G.

» Les théorèmes IV, V, VI peuvent se trouver en défaut dans les deux cas suivants : 1° si les formes considérées sont quadratiques ; 2° si leur discriminant est nul. Dans ces cas exceptionnels, une nouvelle étude est nécessaire. M. Poincaré, dont les travaux sur ce sujet concordent avec les nôtres, vient d'effectuer cette discussion pour les formes cubiques ternaires (*Comptes rendus*, séance du 7 juin 1880). »

PHYSIQUE. — *Les tensions des vapeurs saturées ont des modes de variation différents selon qu'elles sont émises au-dessus ou au-dessous du point de fusion.* Note de M. **Paul de Mondesir.**

« Pour faire voir que le passage par le point de fusion change le mode de variation des tensions des vapeurs, j'ai eu recours, dans une Note précédente, à des différences numériques. Lorsqu'on examine la même question sur les courbes, voici ce qu'on observe en comparant un corps A qui reste liquide dans toute l'étendue de sa courbe avec un corps B dont la courbe contient au contraire le point de fusion. Dans ce cas, on ne réussit jamais, par l'emploi des paramètres, à identifier les deux courbes dans toute leur étendue ; lorsque la superposition se produit bien pour les parties liquides, la partie solide de B se sépare nettement de la partie liquide correspondante de A. La divergence ne se réduit pas d'ailleurs à une variation du paramètre : elle est de nature plus complexe, car, si l'on prend isolément la portion de courbe qui correspond au solide, on ne peut, en général, l'identifier à aucune courbe de corps liquide.

» J'ai déjà rencontré cette objection que, si les différences étaient aussi marquées, elles auraient dû être aperçues, notamment lorsqu'on cherche à représenter par une seule courbe les vapeurs de l'état solide et de l'état liquide. Il est donc utile de donner quelques explications sur ce point. Admettons que pour les vapeurs d'un même corps il y ait deux courbes, relatives l'une à l'état liquide, l'autre à l'état solide. Ces deux courbes se coupent sous un angle très obtus, et leurs parties efficaces forment ainsi une sorte d'accent circonflexe très aplati, dont le sommet est au point de fusion. Il s'agit de voir comment on peut représenter approximativement cet ensemble par une seule exponentielle. Or Regnault a maintes fois insisté sur le fait suivant : quand on calcule les coefficients d'une exponentielle à trois termes pour représenter une vapeur, il arrive toujours que le dernier terme n'est qu'un terme de correction agissant seulement sur les bas degrés. Dans le cas actuel on peut donc prendre la formule de l'état liquide et modifier son dernier terme, afin d'abaisser la partie inférieure de la courbe sans qu'il en résulte de changement pour la partie supérieure. Si la modification n'agit qu'au-dessous du point de fusion, toute la partie liquide reste intacte, mais la courbe ne peut descendre assez vite pour suivre la courbe de l'état solide ; elle reste donc d'abord au-dessus, puis elle la coupe assez loin sous un angle aigu qui permet la confusion, ou elle la coupe plus près sous un angle alors très notable : le premier cas se réalise dans la courbe de l'eau spécialement calculée entre 0° et 100° ; le second est celui du chlorure de cyanogène. Si, au contraire, la nouvelle courbe commence à descendre au-dessous de celle de l'état liquide à 20° ou 30° avant le point de fusion, le maximum d'écart sera en ce point, et, grâce à cette sorte de préparatif, la nouvelle courbe ira, un peu plus loin, couper celle de l'état solide sous un angle extrêmement aigu et se confondre avec elle ou ensuite passer un peu au-dessus : ces conditions sont exactement réalisées par la courbe générale de l'eau, par celles de la benzine et du chlorure de carbone. Dans tous les cas, l'écart de représentation est petit, et l'on voit qu'il n'a aucun rapport de grandeur avec la divergence réelle des courbes des deux états solide et liquide.

» Ce que je viens d'indiquer comme résultat de modifications successives de la courbe se réalise de prime abord lorsqu'on cherche à représenter une série d'observations sur l'état solide et sur l'état liquide, et les différents cas dont j'ai parlé se produisent, sans que l'opérateur en ait conscience, par cela même que l'un des points par lesquels la courbe est assujettie à passer tombe plus ou moins près du point de fusion.

Ces circonstances expliquent bien que Regnault, voyant des écarts se présenter sous des aspects très variables, les ait considérés comme des accidents et en ait donné des explications qui, je crois, ne sont plus applicables lorsqu'on envisage l'ensemble de tous les corps.

» En effet, la première explication est que le corps solide donne moins aisément que le liquide l'équilibre de température et de tension nécessaire à l'exactitude des mesures. Mais si ce fait avait exercé une influence appréciable, ce serait surtout dans les études spéciales faites aux environs des points de fusion. Or il n'en est rien : nous devons donc admettre que Regnault, tout en signalant la difficulté, a réussi à la surmonter. La seconde explication, la principale, est que, lors du passage à l'état solide, de petites quantités de matières étrangères, qui, noyées dans la masse liquide du corps principal, étaient sans influence, peuvent se séparer et changer la tension de vapeur. Cette cause expliquerait très bien pourquoi l'hydrocarbure de brome, à l'opposé de tous les autres corps, présente au-dessous du point de fusion un relèvement très marqué dans la marche des tensions, d'autant plus que les expériences donnent des résultats très irréguliers où l'on voit la même tension pour des températures différant de 6°. Mais la présence de corps étrangers n'est pas admissible pour l'eau, l'acide carbonique, ni pour la benzine, dont Regnault dit qu'il ne pouvait avoir aucun doute sur sa pureté.

» Les explications basées sur des erreurs d'expérience étant écartées, il ne reste plus, ce me semble, qu'à admettre la réalité des différences de marche des tensions au-dessus et au-dessous du point de fusion. Mais, en m'arrêtant à cette conclusion, je tiens à bien préciser que je la restreins à son énoncé et que, dans mon opinion, elle n'implique rien sur l'existence d'un point saillant, d'une tangence ou même d'un ressaut au point de fusion, ni sur une différence de tension entre le corps à l'état de surfusion et le corps solide à la même température.

» Dans ma Note précédente, je me suis trompé en disant que pour la Table de l'eau au-dessous de zéro Regnault avait en partie abandonné sa formule; mais cette erreur n'a aucune influence sur l'ensemble de la question. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action du bromure de méthyle et de l'iodure de méthyle sur la monométhylamine*. Note de MM. **E. Duvillier** et **A. Buisine**, présentée par M. Wurtz.

« Dans une précédente Note [1], nous avons montré que dans l'action du nitrate de méthyle sur la monométhylamine il se formait, comme produit principal de la réaction, du nitrate de tétraméthylammonium et seulement une petite quantité de diméthylamine et de triméthylamine.

» Dans le but d'obtenir la diméthylamine en quantité notable, nous avons essayé l'action du bromure de méthyle et de l'iodure de méthyle sur la monométhylamine. Nous sommes arrivés à des résultats identiques à ceux que nous avait fournis le nitrate de méthyle. Ce sont ces résultats que nous allons faire connaître.

» Nous avons fait réagir à 100° en vase clos le bromure de méthyle (1^{mol}) sur une solution dans l'esprit de bois de monométhylamine (1^{mol}). La réaction terminée, on décompose par la potasse les produits de la réaction, afin de mettre en liberté les bases volatiles. Celles-ci, comme nous l'avons constaté, sont formées presque entièrement de monométhylamine non transformée et ne renferment qu'une très petite quantité de diméthylamine et de triméthylamine. Ceci nous conduit à rechercher dans les produits de la réaction la présence du bromure de tétraméthylammonium.

» A cet effet, on reprend les produits d'où l'on a chassé les bases volatiles par l'ébullition en présence d'un excès de potasse. Ces produits sont saturés par l'acide sulfurique. Par concentration, la plus grande partie du sulfate de potasse se sépare. Les eaux mères sont amenées à sec et reprises par l'alcool bouillant qui laisse insoluble la plus grande partie du bromure de potassium. Par refroidissement, la solution alcoolique laisse déposer en abondance de grandes lamelles qu'on purifie par quelques cristallisations dans l'alcool. Ce sel, soumis à l'analyse, a fourni des nombres qui répondent parfaitement à la composition du bromure de tétraméthylammonium. Ce sel est le produit principal de la réaction.

» L'action du bromure de méthyle sur la monométhylamine ne nous ayant pas fourni les résultats désirés, nous avons eu recours à l'action de l'iodure de méthyle.

---

[1] *Comptes rendus*, t. XC, p. 872; 1880.

» Nous avons fait réagir l'iodure de méthyle (1^{mol}) sur une solution dans l'esprit de bois de monométhylamine (1^{mol}), en faisant tomber goutte à goutte l'iodure de méthyle dans la solution de la base. Il se produit aussitôt une réaction violente et il se forme immédiatement un précipité très abondant d'iodure de tétraméthylammonium. On termine ensuite la réaction en chauffant doucement, puis on sépare le précipité et on traite la liqueur par la potasse pour en chasser les bases volatiles. Celles-ci sont formées presque entièrement par de la monométhylamine; elles ne renferment qu'une petite quantité de diméthylamine et de triméthylamine.

» L'action du bromure et de l'iodure de méthyle sur la monométhylamine est donc en tout semblable à celle du nitrate de méthyle sur la monométhylamine. Elle ne peut servir qu'à préparer la base quaternaire.

» L'action de ces trois éthers sur la méthylamine est donc comparable à l'action de l'iodure de méthyle sur l'ammoniaque. Hofmann a constaté que dans ce cas il se formait, comme produit principal de la réaction, de l'iodure de tétraméthylammonium (¹).

» Ces expériences montrent que la production de la diméthylamine est une opération longue, puisque cette base ne se forme qu'en très faible quantité dans ces différentes réactions. On connaît, il est vrai, d'autres procédés pour produire la diméthylamine : ainsi Bæyer et Caro (²) ont proposé de décomposer la nitrosodiméthylaniline par la potasse et Mertens (³) a conseillé de décomposer la dinitrodiméthylaniline par la potasse. Mais, comme ces procédés exigent des manipulations longues et laborieuses, nous croyons devoir recommander, comme étant la source la plus avantageuse de la diméthylamine, le produit désigné dans le commerce sous le nom de *triméthylamine*.

» Nous avons donné la composition de ce produit et le procédé à suivre pour en retirer, à l'état de pureté, les différentes bases qu'il renferme, dont la moitié environ est formée par de la diméthylamine (⁴). Ce produit se recommande en outre par la modicité de son prix. »

(¹) *Annales de Chimie et de Physique*, 3ᵉ série, t. XXXIII, p. 146; 1851.
(²) *Deutsche chemische Gesellschaft*, t. VII, p. 963; 1874.
(³) *Deutsche chemische Gesellschaft*, t. X, p. 995; 1877.
(⁴) *Comptes rendus*, t. LXXXIX, p. 48 et 709; 1879.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la transformation du térébenthène en cymène.* Note de M. **Bruère**, présentée par M. Cahours.

« La transformation d'un carbure C^nH^{2n-4} en carbure aromatique ne s'obtient qu'avec difficulté, soit qu'on opère une soustraction d'hydrogène par l'action du brome, soit qu'on l'oxyde par l'acide sulfurique concentré, comme dans la préparation du térébène. Au point de vue de la préparation, le moyen le plus rapide et le plus économique d'obtenir le cymène consiste à laisser tomber goutte à goutte de l'essence de térébenthine rectifiée sur une couche d'acide sulfurique additionné de 2^{mol} d'eau et maintenu en ébullition dans un ballon spacieux. Le mélange d'eau, d'acide sulfureux, de térébenthène inaltéré et de cymène qui résulte de cette réaction est dirigé dans un réfrigérant. Le produit, après la séparation de l'eau, est débarrassé de l'acide sulfureux par l'addition de carbonate de soude; on le dessèche ensuite sur du chlorure de calcium; puis, après un ou deux tours de fractionnement avec l'appareil à plateaux de Lebel-Henninger, on purifie complètement le cymène en l'agitant à froid avec de l'acide sulfurique, afin de polymériser le térébenthène qu'il pourrait retenir. Finalement, on rectifie et l'on prend ce qui passe entre 175° et 176°. Il se sépare dans cette opération un résidu charbonneux assez abondant.

» Après diverses tentatives infructueuses pour remplacer l'acide sulfurique, qui, en raison de son action trop énergique, charbonne une partie du térébenthène, par des bisulfates alcalins ou des oxydants tels que les acides arsénique et chromique, j'ai été amené à étudier la réaction suivante, dont les résultats sont d'une netteté parfaite.

» Lorsque l'on traite 1^{mol} de térébenthène par 1^{mol} de sulfate neutre d'éthyle en vase clos, à 120°, pendant dix ou quinze heures, le mélange se colore fortement et présente parfois des tons violets très riches. L'examen du contenu des tubes montre qu'ils renferment de l'acide sulfureux, du cymène et de l'éther éthylique formés en vertu de l'équation suivante :

$$C^{10}H^{16} + SO^4(C^2H^5)^2 = SO^2 + (C^2H^5)^2O + H^2O.$$

L'essence de térébenthine et le sulfate d'éthyle, plus dense qu'elle, ne se dissolvent pas à froid, quelque temps que l'on prolonge leur contact. Pour tâcher d'expliquer la réaction précédente par une combinaison transitoire

peu stable, analogue à celles trouvées dans ces derniers temps pour l'acide sulfurique, j'ai chauffé pendant cent heures, au bain-marie et en vase clos, le mélange de térébenthène et de sulfate d'éthyle ci-dessus. Dans ces conditions, les deux couches disparaissent peu à peu, et le liquide devient parfaitement homogène; il est plus dense que l'eau, stable à la température ordinaire et présente une couleur jaune citron et une odeur particulière. Placée dans un mélange réfrigérant à — 20°, cette solution, se comportant en quelque sorte comme les corps plus solubles à chaud qu'à froid, se sépare en deux couches formées de ses composants primitifs, déposés par ordre de densité, couches qui d'ailleurs se dissolvent de nouveau par l'agitation, dès que la température remonte à — 10°.

» D'après ces observations et les poids moléculaires mis en jeu, il paraît donc se former une combinaison très peu stable de térébenthène et de sulfate d'éthyle $C^{10}H^{16}, SO^4(C^2H^5)$, qui, par sa destruction ultérieure sous l'influence de la chaleur, donne du cymène et de l'éther [1]. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Préparation de l'indoline et de ses composés.* Note de M. E. Giraud [2].

« Dans une Note précédente [3], j'ai indiqué la préparation de la flavindine de Laurent et sa transformation en indoline, produit découvert par M. Schützenberger; mais ce mode de formation, qui consiste à sublimer la flavindine avec de la poudre de zinc, est très imparfait et donne de très mauvais résultats. J'ai cherché à lui en substituer un autre.

» La flavindine, dissoute dans une solution de soude caustique très étendue, est mise en contact prolongé (deux ou trois jours environ) avec de l'amalgame de sodium à 3 pour 100. On voit se déposer peu à peu dans la solution une poudre jaune sale, provenant de la réduction de la flavindine par l'hydrogène naissant. Après réduction complète, on lave la masse à l'eau pour lui enlever la soude en excès, on fait dissoudre le produit dans l'alcool pour le purifier, on le précipite par une grande quantité d'eau et on lave; on a ainsi un produit qui ne laisse que des traces de cendres. Si l'on voulait obtenir l'indoline chimiquement, il suffirait de la sublimer dans un creuset de porcelaine.

(1) Ce travail a été exécuté au laboratoire de M. Cahours, à l'École Polytechnique.

(2) Ce travail a été fait au laboratoire de M. Schützenberger, au Collège de France.

(3) *Comptes rendus*, t. LXXXIX, p. 104.

» On peut représenter la réaction de l'amalgame de sodium sur la flavindine par l'équation suivante :

$$C^{32}H^{24}Az^{4}O^{5} + 14H = 2(C^{16}H^{14}Az^{2}) + 5H^{2}O.$$

» J'ai pu reproduire la réaction de l'acide picrique indiquée par M. Schützenberger et obtenir par substitution quelques composés de ce corps.

» Une solution d'indoline dans le chloroforme, traitée par le chlore sec et purifiée par une seconde dissolution dans le chloroforme, donne un produit assez semblable à l'indoline et dont l'analyse conduit à la formule

$$C^{16}H^{12}Az^{2}\left\{\begin{matrix}Cl\\Cl\end{matrix}\right..$$

» L'indoline, traitée à chaud par l'acide nitrique, donne une solution qui est précipitée par l'eau. Le produit solide, purifié par cristallisation dans l'alcool, est d'un beau jaune orangé; il correspond à la formule

$$C^{16}H^{12}Az^{2}\left\{\begin{matrix}AzO^{2}\\AzO^{2}\end{matrix}\right..$$

» En chauffant pendant une heure à 180° l'indoline avec de l'acide sulfurique fumant, on obtient une masse qui, saturée par le carbonate de soude, donne un sel cristallisé dont l'analyse a conduit à la formule

$$C^{16}H^{12}Az^{2}\left\{\begin{matrix}SO^{3}Na\\SO^{3}Na\end{matrix}\right.. \text{ »}$$

ZOOLOGIE. — *Sur l'existence d'une circulation lymphatique chez les Pleuronectes.* Note de M. S. JOURDAIN, présentée par M. Alph. Milne Edwards.

« On sait qu'il existe dans les diverses parties du corps des Poissons osseux un ensemble de vaisseaux et d'espaces interorganiques renfermant un liquide qui présente les caractères essentiels de la lymphe.

» Il était intéressant d'observer à l'aide du microscope, sur des animaux vivants, ces vaisseaux et leur contenu.

» Nous avons fait choix pour cet examen de très jeunes Pleuronectes (*Platessa vulgaris* Cuv., *Plat. flesus* Cuv.), qu'on peut se procurer, à mer basse, dans les ruisseaux qui sillonnent nos plages sablonneuses. Couchés sur le flanc, leurs nageoires impaires s'appliquent sur la lame porte-objet, laissant voir par transparence, avec une grande netteté, les vaisseaux san-

guins et lymphatiques qui s'y distribuent. Pour bien observer les faits que nous allons exposer, il convient de s'adresser à des sujets qui viennent d'être pêchés et d'employer un grossissement de 250 à 300 diamètres.

» Chacun des rayons des nageoires se montre accompagné de six vaisseaux (*vaisseaux épineux*), trois d'un côté, trois de l'autre. Des trois vaisseaux de chaque groupe, l'un contient du sang coloré, les deux autres du sang blanc. Des deux vaisseaux épineux à sang coloré, l'un fonctionne comme artère, l'autre comme veine. L'artère et la veine d'un même rayon communiquent par plusieurs arcs anastomotiques.

» Les deux vaisseaux qui accompagnent l'artère d'un côté et la veine de l'autre contiennent un liquide hyalin charriant de nombreux globules lymphatiques. Ils se distinguent, en outre, des vaisseaux à sang coloré : 1° par leur diamètre plus irrégulier; 2° par un contenu moins riche en globules; 3° par le transport moins rapide de ces derniers, que, sous les grossissements indiqués, on peut suivre de l'œil, ce qui est impossible pour les hématies.

» Mais ce qu'il est important de remarquer, c'est que, dans les deux vaisseaux lymphatiques accolés à l'artère et à la veine épineuses, lymphatiques qui communiquent à leur partie terminale par une anse anastomotique, le cours de la lymphe s'effectue en sens inverse. L'un de ces lymphatiques est destiné à porter la lymphe vers l'extrémité du rayon, l'autre à la ramener vers la base de celui-ci. L'artère et la veine épineuses sont donc accompagnées chacune d'un vaisseau lymphatique afférent et d'un vaisseau efférent, d'une *artère* et d'une *veine lymphatiques*, si l'on peut s'exprimer ainsi.

» Il existe donc dans les Pleuronectes, et probablement dans les Téléostéens en général, une circulation de la lymphe comparable à la circulation du sang. Des vaisseaux sont chargés de transporter la lymphe vers les parties périphériques, tandis que d'autres la rapportent vers un réservoir central. Ce qui rend encore plus étroite la ressemblance entre le système à globules colorés et le système à globules lymphatiques, c'est l'existence, dans les branchies, d'un ensemble de vaisseaux lymphatiques disposés sur le plan des vaisseaux à sang coloré et constituant vraisemblablement, pour la lymphe, un système afférent et efférent, grâce auquel ce liquide vient se mettre en rapport avec l'air, comme le sang lui-même.

» Fohmann, se fondant uniquement sur des considérations d'ordre anatomique, avait entrevu ces afférents et ces efférents de l'appareil respiratoire que J. Müller se refusa à admettre.

» Dans les jeunes Pleuronectes, mesurant $0^m,020$ à $0^m,025$ de longueur, on n'aperçoit point, sauf à la base de la nageoire, d'anastomoses transversales entre les vaisseaux à hématies de deux rayons voisins. On constate, par contre, la présence de plusieurs branches traversant la membrane interépineuse et unissant entre eux les lymphatiques épineux tant afférents qu'efférents. Il existe donc une période pendant laquelle ce sont les vaisseaux à sang blanc qui apportent les matériaux de nutrition aux tissus interépineux. Remarquons aussi que les lymphatiques se prolongent jusque vers l'extrémité du dernier article, dont les vaisseaux à sang coloré atteignent à peine la base.

» Lorsque l'animal demeure quelque temps en observation sur la lame porte-objet, la circulation de la lymphe ne tarde pas à devenir languissante, alors que celle du sang paraît avoir conservé toute son activité.

» Dans les jeunes Pleuronectes conservés en captivité, la circulation lymphatique perd, au bout de quelques heures, son énergie; des embolies globulaires se produisent, et une *anémie lymphatique* s'accuse par la diminution notable du nombre des globules blancs.

» Quel est l'agent moteur dans la circulation de la lymphe? Pour répondre à cette question d'une façon satisfaisante, de nouvelles recherches sont nécessaires. Dans les Pleuronectes, en particulier, il ne faut point chercher de réservoir central pourvu de muscles intrinsèques. Les fibres contractiles qui agissent sur lui sont des éléments d'emprunt, fournis par la musculature de l'appareil respiratoire et établissant entre ce dernier et l'appareil lymphatique une solidarité fonctionnelle, dont le Congre nous a déjà présenté un exemple.

» La circulation lymphatique se retrouve-t-elle dans des Vertébrés autres que les Téléostéens? Il n'y a pas témérité, croyons-nous, à pencher pour l'affirmative. »

PHYSIOLOGIE. — *Sur l'action physiologique du* Thalictrum macrocarpum. Note de MM. **Bochefontaine** et **Doassans** [1], présentée par M. Vulpian.

« L'un de nous, M. Doassans, a étudié dans ces derniers temps une plante de la famille des Renonculacées, du genre *Thalictrum*, le *Thalictrum macrocarpum*, Gren. Cette espèce, remarquable par le volume de ses

(1) Travail du laboratoire de M. Vulpian.

parties souterraines, représente à elle seule, en Europe, la section des *Physocarpum* et vit dans une partie très limitée des Pyrénées, c'est-à-dire dans la région calcaire de la haute vallée d'Ossau (Basses-Pyrénées).

» Des expériences préliminaires ayant démontré que l'extrait de *Thalictrum macrocarpum* est toxique, M. Doassans tenta d'en séparer la partie active, et c'est alors qu'il retira des racines de ce pigamon pyrénéen une matière colorante cristallisée en petits prismes jaune clair, non azotée, dépourvue de propriétés physiologiques évidentes, ainsi que l'a constaté M. Vulpian, et qu'il désigna sous le nom de *macrocarpine*.

» M. Doassans entreprit donc de nouvelles recherches afin d'isoler l'élément actif de l'extrait de *Thalictrum*, et il obtint un autre corps, cristallisable sous forme d'aiguilles ténues, incolores, groupées autour d'un centre commun, à peine solubles dans l'eau, solubles dans l'alcool, possédant les réactions des alcaloïdes, et capables de se combiner avec des acides pour former des sels solubles dans l'eau; il donna à cette substance le nom de *Thalictrine*. Nous pûmes voir facilement alors que la thalictrine jouit des propriétés toxiques et de l'action physiologique reconnues à l'extrait de *Thalictrum*, et que, par conséquent, elle constitue le principe actif des racines de cette plante. Restait à préciser le pouvoir toxique et l'action physiologique du *Thalictrum macrocarpum*.

» Notre étude expérimentale sur ce sujet a été poursuivie dans quelques cas avec la thalictrine elle-même, le plus souvent avec l'extrait de *Thalictrum*. Elle a été faite sur des grenouilles et sur des mammifères, tels que chiens, lapins, cobayes, et ses résultats nous ont paru mériter d'être présentés à l'Académie.

» Avant d'aller plus loin, il convient de faire remarquer que l'extrait de *Thalictrum* détermine des effets locaux irritants dont le sulfate et le chlorhydrate de thalictrine sont dépourvus, et de dire que ces effets ont été évités dans toutes les expériences qui servent de base à notre analyse des propriétés toxiques et physiologiques de la thalictrine.

» Chez la grenouille, la dose d'extrait inséré sous la peau et nécessaire pour déterminer la mort est de $0^{gr},02$ ou $0^{gr},03$; l'animal meurt dans l'espace de trois à quatre heures. La thalictrine étant très peu soluble dans l'eau, nous avons dû rechercher sa puissance toxique au moyen de ses sels, les sulfate et chlorhydrate de thalictrine, qui sont mortels, à la dose de $0^{gr},002$ à $0^{gr},005$, dans l'espace de vingt à quarante minutes environ.

» Chez les mammifères comme le chien, 1^{gr} ou $1^{gr},5$ d'extrait de *Thalictrum* injecté dans une veine donne la mort au bout de cinq à dix minutes.

Introduit sous la peau, à la dose de 3^{gr} à 4^{gr}, l'extrait tue dans un intervalle de temps qui varie entre trois et six heures.

» La grenouille qui a reçu de la thalictrine perd sa motilité spontanée, puis sa motilité réflexe dans toutes les parties du corps, excepté dans les globes oculaires. Ces derniers mouvements finissent par disparaître, et le cœur, irrégulier d'abord, puis ralenti progressivement, s'arrête en diastole.

» Sur le chien, les premiers symptômes de l'intoxication consistent dans un état de somnolence avec affaiblissement général, bientôt accompagné de vomissements répétés, de défécation et de miction. La pression sanguine diminue considérablement. L'affaiblissement paralytique augmente rapidement, sans convulsions, et la sensibilité générale disparaît presque totalement. Les battements du cœur sont énergiques, tandis que le pouls est accéléré et très faible. La respiration est plus fréquente et les mouvements respiratoires deviennent plus amples.

» Tout d'un coup, l'animal qui s'est affaissé complètement pousse des cris aigus de douleur; il est pris d'une convulsion générale suprême, les pupilles sont dilatées, et l'on peut s'assurer que les respirations et les pulsations cardiaques, devenues plus lentes, sont arrêtées.

» Le cœur est alors définitivement arrêté, tandis que les mouvements respiratoires reparaissent encore quelques instants. Toutefois, si la quantité de substance n'est pas trop considérable, la période terminale qui suit cette convulsion générale peut se prolonger pendant un certain temps, la respiration rappelant quelques mouvements du cœur, mais jamais l'animal ne revient à la vie.

» Aussitôt après la mort, on voit que l'excito-motricité des nerfs et la contractilité musculaire sont diminuées, et que les courants faradiques les plus intenses sont impuissants à provoquer la moindre contraction u cœur.

» Ces recherches, qui doivent être complétées, autorisent à conclure que la thalictrine porte son action d'abord sur le système nerveux central encéphalo-médullaire, puis sur le cœur, pour en arrêter les fonctions et en abolir les propriétés, qu'elle atteint l'excito-motricité nerveuse et diminue la contractilité musculaire.

» La thalictrine pourrait être rapprochée de l'aconitine, autre principe éminemment toxique fourni, comme on le sait, par une plante de la même famille que notre *Thalictrum*, à cause des effets physiologiques multiples qu'elle détermine; mais elle en diffère en ce sens que les phénomènes de paralysie du système nerveux qu'elle détermine sont plus accusés que

ceux qui sont dus à l'aconitine, tandis que les vomissements et les troubles respiratoires sont plus marqués avec l'aconitine qu'avec la thalictrine. Enfin l'aconitine est toxique à dose beaucoup plus faible que la thalictrine; partant, celle-ci est plus facile à manier, et il est probable qu'elle présenterait pour cette raison quelques avantages si l'on venait à l'importer dans la Thérapeutique. »

PHYSIOLOGIE. — *Sur l'analyse micrographique des eaux*. Note de M. **A. Certes**, présentée par M. Pasteur.

« Les services que l'analyse chimique rend chaque jour à la Médecine et à l'Hygiène publique sont trop connus pour qu'il soit nécessaire de les rappeler ici. Il est néanmoins certain qu'elle est impuissante à faire connaître la nature et même à déceler la présence des êtres microscopiques que l'on rencontre dans les eaux les plus pures et qui pullulent dans les eaux chargées de matières organiques. Pour ces recherches, il faut nécessairement recourir au microscope.

» Dujardin, il y a longtemps déjà, signalait la difficulté de récolter des microzoaires en dehors des infusions naturelles ou artificielles dans lesquelles certaines espèces très communes se multiplient dans des proportions énormes. Or, les infusoires sont des géants en comparaison de ces microbes dont les travaux de M. Pasteur ont mis en évidence le rôle prépondérant dans l'origine et la marche des épidémies et des maladies contagieuses.

» Dans les eaux pures, plus encore que dans les liquides de l'organisme, la chasse au microbe est soumise au hasard. La patience et l'habileté de main n'y peuvent rien ou presque rien. Fort heureusement, certains réactifs chimiques, notamment l'*acide osmique* [1], tuent les organismes sans les déformer. Une fois tués, ils tombent et se déposent au fond du récipient en quantités appréciables, si l'on a eu soin d'opérer sur des masses suffisantes de liquide.

» Une expérience simple permet d'apprécier la sensibilité de ce procédé.

» On met dans un tube à essai 30^{cc} d'eau distillée, dans un second tube 30^{cc} de cette même eau après l'avoir agitée à l'aide d'un bâton de verre dont l'extrémité a été préalablement trempée dans une eau chargée d'infusoires. On traite les deux liquides par la même quantité d'acide osmique.

---

[1] Cf. *Note sur une méthode de conservation des infusoires*, par M. A. Certes (*Comptes rendus*, séance du 3 mars 1879).

» Dans le premier tube, l'examen microscopique ne découvre aucun élément figuré; dans le second, on retrouve intacts les organismes transportés dans la faible quantité de liquide qui s'était attachée à la baguette de verre. Cette expérience est concluante. Elle montre à la fois la sensibilité du procédé et la principale difficulté que rencontre l'observateur qui veut arriver à des résultats d'une exactitude absolue. Il faut en effet, préalablement à toute analyse, laver à l'acide sulfurique les verres, les baguettes, les porte-objets, etc., dont on se sert, si l'on veut n'avoir dans le dépôt à examiner que les organismes existant dans le liquide traité par de l'acide osmique (1).

» En vue de faciliter la tâche de ceux qui voudraient contrôler mes expériences, j'indiquerai succinctement les procédés techniques auxquels je me suis arrêté après une expérience de plusieurs mois.

» Pour les eaux potables, filtrées ou non, peu chargées de matières organiques, je fais usage d'une solution d'*acide osmique* à 1,5 pour 100. D'après mes expériences, moins de 1^{cc} de cette solution suffit pour 30^{cc} à 40^{cc} d'eau. A cette dose tous les organismes microscopiques animaux et végétaux sont rapidement tués et fixés dans leurs formes (2). Au bout de quelques minutes, et afin d'atténuer l'action de l'acide osmique, qui à la longue noircit trop les tissus, on ajoute autant d'eau (3) que le permet la dimension de l'éprouvette dont on fait usage.

» Dans certaines eaux très riches en organismes, l'examen microscopique du dépôt peut avoir lieu au bout de quelques heures. Pour les eaux très pures il faut attendre vingt-quatre ou même quarante-huit heures. Dans tous les cas, ce n'est qu'après un délai assez long que le liquide doit être décanté avec précaution, de manière à ne conserver que le dépôt dans 1^{cc} ou 2^{cc} de liquide. A ce moment, l'opération est terminée.

» L'emploi des réactifs colorants présente cependant des avantages que l'on ne saurait passer sous silence. Parmi les plus utiles, je citerai le picrocarminate de Ranvier, le vert de méthyle, l'éosine, l'hématoxyline, le violet de Paris, suivant la nature des organismes et le but qu'on se propose. S'il ne s'agit que de rendre plus facile l'examen micrographique d'organismes

---

(1) Les diatomées ne sont cependant pas désorganisées par l'acide sulfurique.

(2) Infusoires, flagellés, amibes, rotifères, vibrions, bactéries, monades, spores, algues, acariens, annélides, arachnides, etc., etc. L'action toxique et fixatrice de l'acide osmique paraît générale.

(3) Il faut évidemment faire usage d'eau distillée ou de l'eau analysée à l'exclusion de toute autre.

très petits et très transparents, le violet de Paris doit être préféré. Même très dilué, ce réactif colore fortement les objets. La cellulose des végétaux est colorée en bleu, la matière amyloïde en violet rougeâtre; les cils vibratiles, les flagellum et le protoplasma des infusoires prennent une teinte bleu violet. L'excès de la coloration constitue même la principale difficulté dans l'emploi de ce réactif.

» Quel que soit le réactif colorant, il est toujours préférable de l'introduire mélangé à la glycérine diluée; mais il faut prendre des précautions pour que l'action de la glycérine soit très lente et n'amène pas le ratatinement des tissus. Dans ces conditions, l'élection des matières colorantes se fait mieux; les organismes restent transparents et, si l'on veut conserver des échantillons, la glycérine constitue un milieu conservateur et maintient les organismes à l'abri de l'évaporation.

» Il paraît superflu d'insister sur les avantages que l'Histoire naturelle et l'Hygiène publique sont appelées à retirer des progrès de l'analyse micrographique des eaux, bien qu'en aucun cas elle ne puisse tenir lieu de l'étude de l'organisme vivant pour la solution des problèmes physiologiques ([1]). »

BOTANIQUE. — *Sur le lieu de formation des racines adventives des Monocotylédones*. Note de M. MANGIN, présentée par M. Van Tieghem.

« Les racines adventives des Monocotylédones, dont l'existence est si fréquente sur les tiges bulbeuses ou rhizomateuses, se développent sur ces organes suivant un procédé très analogue à celui qui a été décrit pour la production des radicelles latérales sur la racine.

» Elles prennent, en effet, naissance en dedans de la gaîne protectrice, qui reste fréquemment discernable dans la tige, tantôt en conservant les caractères qu'elle a dans la racine, tantôt en en prenant d'autres. La couche dans laquelle se forme la jeune racine a les caractères d'un méristème secondaire. Elle comprend plusieurs assises de cellules souvent ordonnées en séries radiales, et reste entièrement extérieure aux faisceaux

---

([1]) Les procédés d'analyse micrographique décrits dans la présente Note peuvent très probablement être utilisés pour la recherche des parasites qui se développent dans les tissus et les liquides de l'organisme. Je n'ai eu, jusqu'à présent, ni le temps ni l'occasion de faire des essais dans ce sens, si ce n'est sur les batraciens anoures.

longitudinaux de la tige qui, à l'époque de la première ébauche des racines, sont déjà différenciés.

» Par ses relations avec les tissus qui sont en contact de sa face externe et de sa face interne, cette couche est donc l'analogue de la couche rhizogène ou péricambium des racines. On peut, en outre, constater sur des plantules de germination (*Iris siberica, Funkia ovata,* etc.) la continuité effective de la couche considérée avec le péricambium de la racine primaire. Comme on voit à l'insertion d'un rameau sur la tige principale les différentes formations du rameau se continuer avec les formations homologues de la tige, on conçoit que, dans la plante entière, la couche génératrice des racines peut être considérée comme continue depuis la racine primaire jusqu'au sommet des rameaux végétatifs. En réalité, dans la plupart des cas, la plantule de germination a disparu longtemps avant que les rameaux de la plante soient arrivés à leur grosseur normale.

» La couche dont nous nous occupons serait toutefois incomplètement désignée par l'expression de *couche rhizogène de la tige,* parce que, à l'inverse de ce qui a lieu dans les racines, son activité ne se borne pas à la production des racines latérales. Un travail de différenciation s'établit dans cette couche et donne naissance à des faisceaux libéro-ligneux disposés en réseau (très développés dans l'*Acorus calamus,* fort réduits dans le *Polygonatum vulgare*). Ces faisceaux établissent des connexions entre le cylindre central de la racine et les faisceaux de la tige, et ils apparaissent toujours après l'évolution de ceux-ci. Après la constitution du réseau, il peut se faire que le méristème non employé passe à l'état de sclérenchyme, contribuant à donner de la solidité à la tige.

» Si l'on considère l'état des tissus au voisinage du point végétatif, on voit d'ailleurs que la couche dont nous nous occupons se rattache au plérôme, dont elle est une différentiation tardive par rapport aux faisceaux communs. Cette formation manque dans les axes aériens dépourvus de la propriété de produire des racines adventives, tels que les hampes florales. Elle peut n'exister que sur une fraction de la circonférence de la tige (*Monstera deliciosa, Iris graminea*).

» Cette couche a été décrite par M. Van Tieghem, dans ses *Recherches sur les Aroïdées,* sous le nom de *zone génératrice.* Elle est comprise dans ce que M. Guillaud appelle *propériméristème* ou *périméristème.* Ce dernier terme, désignant spécialement l'anneau d'accroissement des Dracœna, ne peut être conservé.

» Dans un travail plus étendu, je compte faire prochainement l'histoire

détaillée de cette couche, et justifier ainsi le nom de *couche dictyogène* que je proposerai de lui appliquer. »

M. **Pliny Earle Chase** adresse à l'Académie une Note intitulée : « Photodynamique. Comparaison des unités lumineuses et thermiques ».

M. **Poincaré** demande et obtient l'autorisation de retirer du Secrétariat un Mémoire présenté le 22 mars 1880, sur lequel il n'a pas été fait de Rapport.

La séance est levée à 5 heures. D.

Mai 1880. **Observations météorologiqu**

Par MM. Marié-Davy

Dates.	Température de l'air sous l'ancien abri. Minima.	Température de l'air sous l'ancien abri. Maxima.	Température de l'air sous l'ancien abri. Moyenne.	Moyenne des 24 heures (nouvel abri).	Température du sol à la surface du gazon. Minima.	Température du sol à la surface du gazon. Maxima.	Température du sol à la surface du gazon. Moyenne.	Moyenne des 5 observ. trihoraires de jour.	à la profondeur de 0m,30 (à midi).	Actinomètre.	Udomètre.	Eau de la terre sans abri. Total en millimètres.	Eau de la terre sans abri. Évaporation en millimètres.	Évaporation de l'eau pure.	Électricité atmosphérique (abstraction faite du signe).	Pour 100mc d'air. Ozone en milligrammes.	Pour 100mc d'air. Acide carbonique en litres.	Pour 100mc d'air. Azote ammoniacal en milligr.	Pour 100mc d'air. Azote organique en milligr.
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)
	o	o	o	o	o	o	o	o	o	d	mm	mm	mm	mm	D	mg	l	mg	mg
1	3,1	16,4	9,8	10,2	− 0,2	37,4	18,6	21,5	9,4	56,6	.	40,8	0,5	6,7	19	0,0	25,1	1,9	0,5
2	5,1	18,3	11,7	11,4	− 0,3	39,1	19,4	19,7	10,4	37,5	.	40,5	0,3	4,7	17	0,1	25,0	1,8	0,4
3	8,1	19,1	13,6	12,2	4,5	43,8	24,2	18,2	11,1	58,6	.	40,2	0,4	4,3	80	0,0	25,4	1,8	0,4
4	5,5	19,5	12,5	12,2	1,6	43,0	22,3	18,3	11,7	32,3	3,4	42,7	0,8	3,2	59	0,1	25,4	1,7	0,5
5	7,6	16,2	11,9	11,0	5,5	38,8	22,2	20,9	12,1	52,2	.	41,2	1,5	3,5	28	0,1	25,1	1,7	0,6
6	7,5	16,2	11,9	10,7	5,0	22,8	13,9	13,5	12,4	20,4	0,0	40,7	0,5	4,1	57	0,0	25,0	1,9	0,6
7	5,0	13,9	9,5	8,9	4,5	24,8	14,7	13,6	11,8	43,7	.	40,3	0,4	6,5	18	0,1	25,2	1,9	0,5
8	2,6	10,7	6,7	.	1,0	20,6	10,8	9,3	11,6	22,7	.	40,1	0,2	5,0	32	0,1	25,3	1,8	0,6
9	2,7	13,9	8,3	.	2,0	22,7	12,4	13,7	10,5	52,2	.	39,8	0,3	6,1	17	0,1	25,3	1,8	0,5
10	3,4	15,0	9,2	.	2,2	28,4	15,3	(14,9)	10,7	(44,5)	.	39,5	0,3	4,1	20	0,0	25,4	1,9	0,7
11	6,8	16,7	11,8	11,2	5,8	28,7	17,3	17,3	11,3	42,7	.	39,1	0,4	5,4	21	0,1	25,2	1,7	0,6
12	7,2	20,9	14,1	13,8	5,8	30,9	18,4	17,9	11,7	35,5	.	38,8	0,3	4,9	15	0,1	25,1	2,1	0,5
13	11,1	23,2	17,2	17,0	9,3	35,0	22,2	24,0	12,9	52,0	.	38,5	0,3	7,0	38	0,2	25,2	2,0	0,6
14	11,6	25,7	18,7	18,9	9,8	38,2	24,0	27,8	14,3	55,0	.	38,1	0,4	5,9	19	0,5	25,1	1,9	0,6
15	13,1	27,3	20,2	20,0	9,0	41,6	25,3	28,9	15,7	51,5	.	37,7	0,4	6,2	25	0,3	25,7	1,8	0,6
16	13,3	25,5	19,4	18,6	12,0	37,9	25,0	24,0	16,1	38,3	.	37,4	0,3	7,0	10	0,7	25,7	1,9	0,5
17	7,7	18,6	13,2	13,2	7,5	29,3	18,4	20,0	16,5	61,0	.	37,2	0,3	(8,9)	14	0,1	25,6	2,0	0,6
18	5,8	14,8	10,3	10,5	5,5	25,4	15,5	17,3	16,1	59,8	.	36,9	0,2	8,4	21	0,1	25,6	2,0	0,7
19	4,6	16,3	10,5	10,6	3,5	30,3	16,9	18,9	15,5	64,9	.	36,7	0,3	8,4	19	0,2	25,4	2,0	0,7
20	9,2	16,9	13,1	12,6	9,4	31,0	20,2	17,8	15,7	29,3	.	36,6	0,1	6,3	18	0,3	25,0	1,9	0,6
21	7,3	20,9	14,1	14,5	6,1	35,9	21,0	21,9	15,4	53,6	.	36,4	0,2	5,0	17	0,2	25,1	1,9	0,5
22	11,4	22,9	17,2	15,6	8,6	36,9	22,8	22,0	16,1	40,0	.	36,0	0,4	5,0	26	0,3	25,5	1,7	0,5
23	10,6	18,6	14,6	14,3	9,5	31,8	20,7	18,6	16,5	30,6	.	35,8	0,2	3,5	20	0,7	25,2	1,7	0,5
24	11,1	23,2	17,2	16,1	9,1	32,6	20,9	24,5	16,3	63,6	.	35,7	0,2	4,4	24	0,7	24,9	1,8	0,6
25	8,5	27,6	18,1	19,4	6,9	43,6	25,3	30,2	17,1	58,3	.	35,4	0,3	4,9	21	0,7	25,7	1,8	0,5
26	13,3	31,8	22,6	23,0	11,3	46,3	28,8	31,9	18,5	61,7	.	35,1	0,3	7,4	22	0,8	25,7	1,7	0,5
27	14,5	25,8	20,2	19,3	13,0	38,3	25,7	26,6	19,5	53,9	0,0	34,9	0,2	7,2	45	0,8	25,0	1,7	0,6
28	10,0	18,7	14,4	13,2	10,0	37,1	23,6	22,3	19,1	56,5	0,2	34,8	0,3	6,1	12	1,4	25,3	1,9	0,7
29	5,9	17,1	11,5	12,4	3,2	36,7	20,0	17,3	18,5	27,9	.	34,7	0,2	6,5	16	0,8	26,0	1,8	0,6
30	5,1	18,4	11,8	13,0	3,0	35,9	19,5	22,6	18,3	63,1	.	34,5	0,1	5,6	17	0,8	26,5	1,9	0,8
31	6,1	21,0	13,6	13,4	3,4	34,9	19,2	21,2	17,9	42,7	.	34,4	0,1	5,7	23	0,9	26,7	1,8	0,5
1e déc.	5,1	15,9	10,5	(10,1)	2,6	32,1	17,4	16,4	11,2	39,7	3,4	40,6	5,2	48,1	35	0,1	25,2	1,8	0,5
2e déc.	9,0	20,6	14,9	14,6	7,8	32,8	20,3	21,4	14,6	49,0	.	37,7	2,9	68,3	20	0,3	25,4	1,9	0,6
3e déc.	9,4	22,4	15,9	15,8	7,6	37,3	22,5	23,6	17,6	50,4	0,2	35,2	2,4	61,2	22	0,7	25,6	1,8	0,6
Mois..	7,9	19,7	13,8	13,6	6,1	34,2	20,5	20,7	14,5	46,4	3,6	37,8	10,5	177,7	25	0,4	25,4	1,8	0,6

ites à l'Observatoire de Montsouris, Mai 1880.

t Lévy et Descroix.

Dates.	Baromètre à midi réduit à zéro (alt. 77^m,5). (21)	Magnétomètres à midi (fortification). Déclinaison. (22)	Inclinaison. (23)	Composante horizontale. (24)	Vents. Vitesse moyenne en kilomètres par heure. (25)	Direction dominante à terre. (26)	Direction des nuages (k désigne les cirrus). (27)	Psychromètre. Tension de la vapeur. (28)	Humidité relative. (29)
	mm	° ′	° ′		km			mm	
1	757,1	16.50,4	65.27,8	1,9294	20,7	ENE	E	3,5	36
2	749,0	59,5	30,2	9261	9,4	NE	SE	5,0	48
3	745,9	53,5	30,3	9250	10,7	Variable	NE à SE	6,4	57
4	750,8	54,5	30,7	9247	12,0	N	Variable	7,3	65
5	753,5	51,7	29,1	9275	20,5	N¼NE	NNE	6,5	62
6	750,8	51,6	28,4	9295	26,1	NNE	.	7,7	74
7	754,6	51,3	29,2	9290	29,5	NNE	NNE	4,3	49
8	756,7	52,4	29,5	9285	21,3	NNE	.	4,3	57
9	758,8	50,9	29,2	9290	27,5	NNE	NE	3,9	47
10	754,6	52,7	(28,0)	9295	17,3	NE	N à E	(4,4)	(47)
11	750,7	53,5	27,5	9302	14,5	ENE	E	4,7	44
12	751,7	52,8	28,2	9283	14,4	NNE	NE à SE	6,1	51
13	754,7	53,2	27,5	9279	15,3	NE	SE à NE	6,8	43
14	754,8	52,5	26,8	9296	13,5	ENE	ENE	8,7	47
15	752,7	56,8	27,6	9284	16,5	NE à SE	E	9,2	48
16	752,1	53,7	28,2	9286	26,1	NE	NE	8,7	50
17	754,8	53,5	27,6	9292	32,4	NNE	.	6,5	55
18	756,7	51,2	28,5	9293	33,1	NE	NE	4,5	45
19	759,3	53,0	29,0	9274	24,0	NNE	NE k	2,6	26
20	759,3	52,3	28,0	9292	14,3	N	NNE	7,0	62
21	761,5	53,0	27,3	9300	12,7	N	N	7,5	59
22	753,6	52,4	31,4	9304	21,1	WNW	W k	6,9	49
23	756,9	52,6	26,9	9301	18,1	W	W¼NW	8,3	64
24	758,6	54,3	26,3	9307	19,3	W	W	7,5	50
25	759,0	53,6	26,6	9284	8,4	S¼SE	WSW	8,4	46
26	756,4	56,3	27,7	9263	14,5	S	WSW	10,3	43
27	754,3	54,3	28,9	9255	21,9	SW	SW	11,5	60
28	763,0	55,7	28,6	9281	19,5	WNW	WNW	5,5	47
29	766,6	55,0	29,3	9282	14,9	N	NNW	4,8	43
30	763,2	54,0	28,3	9285	14,2	NE	.	3,7	36
31	756,8	55,2	27,9	9280	11,0	NE à NW	N¼NW k	4,9	38
• déc.	753,2	16.52,9	65.29,2	1,9278	19,5	.	.	5,3	54
• déc.	754,7	53,3	27,9	9288	20,4	.	.	6,5	47
• déc.	759,1	54,2	28,1	9286	16,0	.	.	7,2	49
lois. .	755,8	16.53,4	65.28,4	1,9284	18,5	.	.	6,4	50

Remarques. (30)

Du 1er au 5, oscillation barométrique de 759,3 à 745,6, minimum du 3 vers 14 h. 30 m., coïncidant avec un orage latéral à l'ouest. Retour à 754 entre 7 h. et 8 h. le 5. Perturbations magnétiques dans les trois premiers jours. Ciel très variable le 4 avec petites ondées versées par des nuages d'aspect orageux. Éclairs encore dans la soirée du 5 et quelques gouttes d'eau seulement le 6 vers le milieu du jour.

Entre le 6 et le 12, la température moyenne est d'environ 4° au-dessous de sa moyenne de 60 années. Le baromètre, étant redescendu à 749,8 le 6 vers 16 h. 15 m., atteignait 757 le 8 vers 8 h. et baissait ensuite à 750 le 11 à 16 h. 40 m. Le ciel est resté nuageux, mais sans une seule goutte d'eau.

Du 13 au 17, élévation de température très marquée, 4°,5 au-dessus de la moyenne normale. Pression barométrique peu variable, un peu au-dessous de la moyenne. État du ciel variable. Éclairs dans la matinée du 15; journée lourde; quelques nuages menaçants, mais pas de pluie. Perturbations magnétiques les 14 et 15, avec agitation persistante pendant la semaine suivante.

Jusqu'au 21, hausse barométrique un peu tourmentée jusqu'au maximum 762,4 du 21 vers 7 h. 10 m. Il se produit alors une chute assez rapide qui nous reporte le lendemain 22 à 752,1 vers 15 h. 15 m. Les vents tournent dans le sens direct du N. à l'W. par le S., et, jusqu'au 27, date d'un second minimum de 752,6 vers 16 h., le ciel est très chargé de nuages. L'absence de pluie persiste cependant. Des halos se montrent les 25 et 26. Le 27 seulement nous donne quelques gouttes d'eau dans l'après-midi; pluie dans la matinée du 28.

Perturbations magnétiques prononcées du 26 au 28. Le mouvement de hausse barométrique est très accentué. Le maximum 767,3 est atteint le 29; mais la baisse succède également très franche. L'éclairement du 30 est de 63,1, valeur égale aux 0,80 du chiffre calculé.

Depuis le 28, la température moyenne est de nouveau inférieure à la normale; le ciel tend à se couvrir de plus en plus, et la proportion d'acide carbonique de l'air tend à monter.

Moyennes horaires du mois de mai 1880.

Heures.	Hauteurs du baromètre à 0°.	Température de l'air à l'ombre.	Température du sol (sans abri).	Degré actinométrique.	Psychromètre. Tension de la vapeur d'eau.	Psychromètre. Degré hygrométrique.	Évaporation de l'eau pure.	Pluie.	Variation du poids du sol sans abri.	Vitesse du vent.	Électricité atmosphérique (sans correct. locale).	Déclinaison de l'aiguille aimantée.	Inclinaison de l'aiguille aimantée.	Composante horizontale.
	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44
h.	mm	o	o	o	mm			mm	mm	km	Dll	o ′	o ′	
Mat. 1	755,75	10,15	»	»	»	»	»	.	.	16,7	»	»	»	»
2	55,65	9,65	»	»	»	»	»	.	.	16,4	»	»	»	»
3	55,64	9,10	»	»	»	»	»	0,00	+0,06	15,6	»	»	»	»
4	55,67	8,65	»	»	»	»	»	0,00	.	15,5	»	»	»	»
5	55,84	8,40	»	»	»	»	»	.	.	14,6	»	»	»	»
6	56,03	9,25	11,14	30,01	6,57	73,7	(61,90)	0,11	− 0,40	14,3	29,6	16.45,4	65.29,1	1,9280
7	56,18	11,20	»	»	»	»	»	0,13	.	15,5	»	»	»	»
8	56,21	12,80	»	»	»	»	»	.	.	16,7	»	»	»	»
9	56,20	14,15	(24,10)	(62,47)	(6,21)	(50,3)	(15,55)	.	− 2,33	18,3	(21,9)	45,9	(29,2)	9276
10	56,10	15,40	»	»	»	»	»	.	.	19,4	»	»	»	»
11	55,96	16,45	»	»	»	»	»	.	.	19,7	»	»	»	»
Midi.	55,76	17,35	27,06	67,81	6,52	42,7	(27,43)	.	− 3,49	20,0	25,7	53,4	28,4	9284
Soir. 1	55,54	17,75	»	»	»	»	»	.	.	20,6	»	»	»	»
2	55,29	17,95	»	»	»	»	»	.	.	22,0	»	»	»	»
3	55,05	18,25	24,45	60,74	6,20	38,8	37,57	.	− 2,58	22,0	25,5	53,2	27,9	9295
4	54,92	17,80	»	»	»	»	»	0,11	.	22,4	»	»	»	»
5	54,84	17,30	»	»	»	»	»	3,21	.	22,5	»	»	»	»
6	54,93	16,70	15,89	11,10	6,38	43,9	35,23	0,04	− 1,16	21,7	25,0	49,3	28,2	9299
7	55,11	15,55	»	»	»	»	»	.	.	20,5	»	»	»	»
8	55,35	14,35	»	»	»	»	»	.	.	19,0	»	»	»	»
9	55,56	13,45	»	»	»	»	»	.	− 0,40	18,6	»	»	»	»
10	55,67	12,45	»	»	»	»	»	.	.	18,6	»	»	»	»
11	55,70	11,50	»	»	»	»	»	.	.	17,7	»	»	»	»
Minuit.	55,66	10,80	»	»	»	»	»	.	− 0,16	16,8	»	»	»	»
Totaux.	»	»	»	»	»	»	177,68	3,60	−10,46	»	»	»	»	»
Moy...	755,61	13,60	20,53	46,43	6,38	49,9	»	.	.	18,5	25,5	»	»	»

Remarques. (45)

Les résultats de chacune des colonnes (2), (3), (4), (6), (7), (8), (9), (10), (11), (16), (22), (23), (24), (28), (29), (33), (34), (35), (36), (41), (43), (44), sont fournis par l'observation directe.

La moyenne diurne des colonnes (11), (16), (28) et (29) est calculée sur les cinq observations trihoraires de 6 h. du matin à 6 h. du soir.

(5) (12) (13) (14) (21) (22) (25) (31) (32) (38) (39) (40) (42). Résultats fournis par les enregistreurs.

(15) (37). Résultats fournis par l'évaporomètre Piche.

Le total de chaque jour est celui des vingt-quatre heures commençant à 6^h du soir la veille. Le résultat mensuel de 6^h du matin donné entre parenthèses comprend l'évaporation totale de la nuit.